行政院農業委員會農業試驗所特刊138號

台灣水稻保護成果及新展望研討會專刊

Proceedings of Symposium on Achievements and Perspectives of Rice Protection in Taiwan

中華民國九十八年七月九日於嘉義農業試驗分所

倪蕙芳　楊宏仁　　主編

行政院農委會動植物防疫檢疫局
中華植物保護學會
中華民國植物病理學會
行政院農委會農業試驗所嘉義分所
編印

中華民國九十八年七月

水稻發生嚴重失蝨燒	白背飛蝨雌蟲(長翅型)
水稻發生嚴重穗稻熱病	水稻葉稻熱病病徵

行政院農業委員會農業試驗所特刊 138 號　ISBN：978-986-01-9156-1

台灣水稻保護成果及新展望研討會專刊

中華民國九十八年七月九日於農試所嘉義農業試驗分所

倪蕙芳　楊宏仁　主編

行政院農委會動植物防疫檢疫局
中華植物保護學會
中華民國植物病理學會
行政院農委會農業試驗所嘉義分所
編印

中華民國九十八年七月

TARI Special Publication No.138 ISBN：978-986-01-9156-1

Proceedings of Symposium on Achievements and Perspectives of Rice Protection in Taiwan

Proceedings of a Symposium held at
Chiayi Agricultural Research Branch
Agricultural Research Institute
9 July 2009

Edited by
H. F. Ni and H. R. Yang

Published by
Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine
The Plant Protection Society of the Repulic of China
Taiwan Phytopathological Society
Chiayi Agricultural Research Branch, Agricultural Research Institute
Taiwan, R.O.C.
July 2009

台灣水稻保護成果及新展望研討會

時間及議程：98 年 7 月 9 日（星期四）
地點：行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所行政大樓三樓

議　程

08:30－09:00	報到	
09:00－09:30	主席及來賓致詞	主持人：劉大江所長
09:30－09:45	團體照相	
09:45－10:00	休息	

第一節　　主持人：葉瑩副局長

10:00－10:50	水稻稻熱病研究回顧	蔡武雄分所長
10:50－11:30	水稻疫病蟲害監測、共同防治及其展望	方尚仁組長
11:30－12:00	水稻徒長病之發生與防治	黃德昌場長
12:00－13:00	午餐及休息	

第二節　　主持人：安寶貞理事長

13:00－13:30	台灣水稻細菌性病害之發生與防治	許秀惠研究員
13:30－14:00	從事水稻害蟲防治研究之若干體驗	鄭清煥博士
14:00－14:30	水稻病蟲害抗性檢定工作回顧	陳隆澤副研究員
14:30－14:45	休息	

第三節　　主持人：高清文理事長

14:45－15:15	水稻防治藥劑對水稻生理之影響	蔣永正博士
15:15－15:45	水稻有機栽培病蟲害防治技術	李健捀博士

第四節　　　　　　　　　　主持人：林俊義院長

15:45－16:15	台灣水稻害蟲發生趨勢與防治展望	黃守宏助研員
16:15－16:45	分子標誌在稻熱病菌族群遺傳研究之應用與展望	陳瑞祥副教授

第五節　　主持人：劉大江所長/葉瑩副局長/安寶貞理事長/高清文理事長/林俊義院長

16:45－17:15	綜合討論

劉所長大江 序

台灣於民國 60 年以後經濟改善，國民飲食習慣改變，稻米消費量快速下降，稻作栽培面積已由民國 68 年之 78 萬公頃下降至目前之 25 萬公頃，但水稻仍然是台灣產值最高及栽培面積最廣的農作物，對於穩定農村經濟與糧食供應仍極爲重要。

台灣以往之稻作研究涵蓋農藝、土壤、肥料、氣象、環境及保護等領域，研究人員在農委會政策指導與推廣下通力合作，一直是農業領域中最佳的模範工作團隊，例如多個試驗改良場所共同承擔稻熱病、白葉枯病、紋枯病、縞葉枯病、黃萎病、黃葉病等 6 種病害及褐飛蝨、白背飛蝨、斑飛蝨、二化螟蟲等 4 種蟲害的耐抗性檢定，已有數十年的歷史。爲了因應今後更大的挑戰，這種合作模式更應持續，期能獲得更輝煌的成果。

本次研討會爲使年輕學者瞭解歷年來有關稻作保護的研究成績，以利擬訂新的研究方向，特別邀請台灣最資深的學者回顧有關水稻病蟲害及藥劑使用等之研究成果，另彙總三十多年來有關病、蟲耐抗性檢定人員之記錄與績效，以表彰眾多檢定人員默默無私的貢獻，方得育成具耐抗病蟲的優質新品種，也大幅降低農藥的使用量。但即使台灣目前已少見水稻病蟲害之大發生，其威脅始終存在，有關病蟲害防治使用的農藥費用也佔水稻總生產成本的 8%左右，而農藥殘留量也是大家關注的問題，因此加強研發，精益求精，也是研究人員的不變的使命和任務。

由於生物技術與電腦科技的進步，導入分子育種技術、以數值氣象預測模式預測害蟲遷移，以及農委會防檢局主導的 GIS 病蟲害監測等新技術，都能加速育成具抗病蟲特性的新品種，同時精準預測病蟲害發生，降低化學藥劑的使用量等，這也是本次研討會探討的重要主題。

本所嘉義分所分所長蔡武雄博士從事水稻病害研究三十餘年，在水稻稻熱病預測模式的研發成果尤其突出，能精準預測發病，得以及早防治、減少損失，對稻作生產貢獻頗大，備受國內外學者推崇。蔡分所長即將屆齡退休，將於本研討會中回顧研究歷程與經驗，供年輕學者之參考，冀望稻作保護工作得能傳承，並更發揚光大，裨益台灣稻作研究與產業的永續進步與發展。

行政院農業委員會農業試驗所所長　劉大江　謹識

中華民國九十八年七月九日

葉副局長瑩 序

水稻是臺灣最重要的糧食作物，其產量豐歉攸關國內糧食生產安全與社會安定。民國 60 年代以前，每年栽培面積均在 70 萬公頃以上，後因單位面積產量顯著提高、國人稻米消費量降低及加入 WTO 後之稻米開放進口政策，水稻栽培面積近年減少至平均每年約 25 萬公頃，但仍爲栽培面積最廣的作物。水稻病蟲害種類多達 120 種，在台灣重要者亦有十幾種，因此水稻病蟲害的疫情監測與防治，是植物保護工作上的一個重要項目。

水稻病害中，台灣的主要流行病爲稻熱病及白葉枯病。流行病會隨著氣候變化而可能造成大流行，甚至導致對水稻的嚴重危害，故流行病之預測對病害防治工作有重要參考價值。其他的重要病害尚包括紋枯病、胡麻葉枯病、徒長病、秧苗立枯病、白尖病等，近年因抗病品種的栽植及防治技術的進步，病害發生較不嚴重。在蟲害方面，民國 40 年代以飛蝨類、葉蟬類、二化螟、鐵甲蟲及負泥蟲爲最重要，後因栽培方式、品種及防治方式改變，近年則以飛蝨類、瘤野螟、水象鼻蟲、二化螟等較重要。我國專家學者在前揭病蟲害之流行預測、防治方法、抗性品種等均有充實而優秀的研究成果。

本項「台灣水稻保護成果及新展望研討會」從水稻病蟲害綜合管理角度出發，以病害、蟲害、監測、防治技術及未來趨勢等重點，探討相關技術與成果，並邀請農委會各試驗改良場所及大學院校之植物保護相關專家學者共同研討，期能加強水稻病蟲害的相關研究及強化監測、防治技術，達到農委會的健康及安全農業之施政目標。另亦要藉本次研討會，向即將榮退的農業試驗所嘉義分所分所長蔡武雄博士致敬。蔡分所長服務於公職 42 年，主要研究水稻病害之流行病學，引領植物保護界在病害預測領域前進。渠除在水稻病害有深入之研究外，對玉米等其他作物之病害亦有所鑽研，對我國植物保護工作有卓越貢獻，僅藉此研討會向蔡分所長表達最高敬意。

行政院農業委員會

動植物防疫檢疫局副局長 葉瑩　　謹識

高理事長清文　序

「建立責任農業，維護健康永續環境」是農委會的施政重要政策，而「建構健全的農產品安全供應體系」更是農業生產第一要務，爲達成此一任務，除了消極性的建立周延的農畜產品農藥殘留監控系統外，更積極的是抗病蟲品種之育成以減少病蟲害之發生，加強病蟲害發生生態與防治之研究並發展病蟲害綜合管理策略，配合病蟲害發生預測及監控，在專家學者指導下適時進行適當之防治措施，在減少藥劑及損失下，增進農民之收入，並提供安全優質產品給消費大眾。

水稻產業在前人努力下，已建立完整的安全供應體系，數十年來已建構出功績卓越的團隊，包含水稻育種人員篩選育成優質品種、病蟲害耐抗性測定、病蟲害生態及防治研究、病蟲害發生預測、有機栽培技術開發、保護藥劑安全使用等及病蟲害發生監測及防治指導，使台灣水稻生產幾乎已能達到標準作業，生產出安全優質的稻米；而本研討會專刊內容便涵蓋所有水稻生產環節之研究成果與新展望，可以提供產官學界參考，日後更能精研更新技術，使台灣水稻生產達到保護環境、安全食用與優良米質之精進目標。

農試所嘉義分所蔡分所長從事水稻病害研究已 30 多年，研發水稻稻熱病之預測模式，可以提供農友準確使用藥劑之時間，除了能減少稻熱病引起的損失並且可以有效減少藥劑的使用，其研究完全符合安全農業的要求，其研究回顧應能提供研究人員寶貴的建議，蔡分所長雖然要在本（98）年七月自公職榮退，但會友若有相關問題仍可就教蔡分所長，以其熱心助人的個性，應當仍然樂意提供諮詢與幫忙，祝福蔡分所長退休後身體健康，更希望蔡博士退而不休，繼續爲植物保護界效力、服務。

中華植物保護學會理事長
高清文　　敬誌
中華民國九十八年七月九日

安理事長 寶貞 序

稻米是國人的主要糧食，一直肩負著軍糈民糧、社會安定及經濟繁榮等多項使命。爲此，農政單位多年來一直加強水稻品種改良與栽培技術改進的試驗研究，由於農試所與試驗改良場所的經年戮力，陸續育成許多豐產質優的水稻品種，生產出多樣化的優質安全良質米，供消費大眾享用。台灣的水稻育種歷史，可以代表我國農業發展的進步歷程；從早期的傳統育種，到近期的功能性誘變育成豐產、優質、抗病蟲品系，使我國的稻作育種技術領先世界各國。

台灣位於熱帶與亞熱帶，氣候高溫多溼，適合多種作物病、蟲、雜草發生。水稻在生育過程同樣面臨各種生物與非生物因子的破壞，據統計危害我國水稻的病蟲害就有五十種以上，曾經造成重大的經濟損失。因此水稻的病蟲害整合性管理十分重要，在研發人員多年的努力下，稻作保護工作十分完善，包括育成抗病蟲品種、加強主要病蟲害的發生預測與外來入侵種的監測、開發非農藥防治技術與加強栽培管理策略、及合理化施藥與化學農藥減量等，已經發展出一系列的標準作業流程，可以顯著減少病、蟲、雜草的衝擊，並兼顧生態環境之安全，確保我國稻作產業的永續發展。

由於台灣的經濟繁榮，導致國人消費習慣的大幅改變，對糧食種類的需求亦趨向多樣化。近年來消費大眾對農產品的品質與安全性的要求逐日升高，因此農政單位對良質米與有機米的生產甚爲重視。然而許多良質米品種的抗病蟲害能力較差，因此在須兼顧優質與安全的雙重條件下，水稻保護的新展望策略需植物保護人員共同努力與開發。本研討會涵蓋水稻重要疫病蟲害的回顧、育成品種的抗病蟲性檢定、重大病蟲害的預測與監測系統、病蟲害共同防治策略、有機栽培的病蟲害防治技術研發、未來病蟲害之可能發展趨勢、及分子標誌育種技術之開發展望等；除了表達對往昔研發長者的敬意外，豐碩的研究成果回顧與新展望策略更會讓研究人員有很大的啓示。

中華民國植物病理學會
理事長　　安寶貞　敬誌
中華民國九十八年七月九日

台灣水稻保護成果及新展望研討會專刊

目　錄

議程表

序一(劉所長大江)

序二(葉副局長瑩)

序三(高理事長清文)

序四(安理事長寶貞)

水稻稻熱病研究回顧……………………………………………………………1

水稻疫病蟲害監測、共同防治及其展望……………………………………13

水稻徒長病之發生與防治………………………………………………………29

台灣水稻細菌性病害之發生與防治……………………………………………45

水稻蟲害防治之省思……………………………………………………………65

水稻病蟲害抗性檢定工作回顧…………………………………………………83

水稻防治藥劑對水稻生理之影響………………………………………………105

水稻有機栽培病蟲害防治技術…………………………………………………121

台灣水稻害蟲發生趨勢與防治展望……………………………………………131

分子標誌在稻熱病菌族群遺傳研究之應用與展望……………………………149

水稻稻熱病研究回顧

蔡武雄*

嘉義市　行政院農委會農試所嘉義分所

摘　要

蔡武雄. 2009. 水稻稻熱病研究回顧. 台灣水稻保護成果及新展望研討會專刊，第 1- 12 頁. 倪蕙芳、楊宏仁編. 160 頁. 農業試驗所印。

水稻品種台農 67 號、台南 5 號及台農 70 號在葉稻熱病病斑面積率 5 及 11%之產量與對照不發病之產量在 5%顯著水準時差異不顯著，但在 25、55 及 80%之產量差異顯著。穗稻熱病引起之產量損失率(%)＝$5n_1$(整穗受害之穗數)＋$3n_2$(稻穗 $\frac{2}{3}$ 以上受害之穗數)＋$2n_3$ (稻穗 $\frac{1}{2}$ 以上受害之穗數)＋$1n_4$ (稻穗 $\frac{1}{3}$ 以上受害之穗數)＋$0n_5$(稻穗穗軸上有病斑，但稻穗未受害之穗數)＋$0n_6$(健康之穗數)/6N (調查總穗數)。穗稻熱病不同發病等級和產量損失之關係爲 $\hat{Y}$ ＝-5.11＋84.56X ($\hat{Y}$ 爲產量損失率，X 爲穗稻熱病等級)。民國 65、66 及 67 年葉稻熱病發病前 7 天之日平均溫度在 19-25℃之間。從發病開始 30 天內之降雨日數 65 年爲 3 天，66 年爲 2 天，67 年爲 16 天，其發病率各爲 58.2%、40.1%及 93.5%。一天當中，空氣中分生胞子之採集數從下午 8 時到次日上午 8 時較多，故分生胞子之釋放仍以晚間居多。分生胞子採集數量受雨量之影響，小雨後分生胞子收集數多，大雨後分生胞子收集反而較少。其原因可能是大雨將病斑上之分生胞子沖洗掉或者雨水將胞子採集器內載玻片上之分生胞子洗掉。至於分生胞子收集數與露水時間長短無直接關係，露水時間長可採集到甚多的分生胞子，但有時候露水時間短，甚至無露水，亦可採集到胞子。利用插秧後 20 天開始 10 天之平均相對溼度，相對溼度大於 90%之小時數，降雨量及降雨日數等資料輸入電腦，電腦即顯示要不要施藥，施藥 1 次或施藥 2 次。

（關鍵詞：稻熱病、產量損失、預測）

*E-mail: tsai@dns.caes.gov.tw

前　言

稻熱病(由 *Pyricularia grisea* 引起，有性世代 *Magnaporthe grisea*)爲台灣水稻最主要病害之一，每年均會發生，有些年發生嚴重(圖一)。根據過去台灣省政府農林廳從1966~1988 年計 23 年間之統計報告，第 1 期作葉稻熱病平均發生面積爲 34,269 公頃，穗稻熱病發生面積爲 26,400 公頃，約占稻作栽培面積 1/10 以上，稻穀損失達年產量之 1.5-5.0%。

台灣稻作病蟲害發生預測始於民國 50 年，台南區農業改良場首先試辦建立預測網，發佈水稻病蟲害發生速報，指導農民適時防治。因成績卓著，農林廳乃於民國 55 年起建立全省預測網，在各區農業改良場設置預測員，負責病蟲害發生調查、氣象資料記錄及發佈病蟲害發生警報，各地病蟲害發生情形再經改良場報由農林廳彙整。水稻病蟲害之發生情形，除有完整紀錄外，預測技術由傳統之目測法進步到電腦預測，告訴農友何時防治最符合經濟效益。

本人從民國 60 年代開始從事水稻病害的研究，尤其針對稻熱病及紋枯病，民國 77 年以後，再轉到玉米及其他病害研究。目前僅就稻熱病預測方面過去的成果，做一些簡要的整理，以供諸學者專家的參考。

圖一. 田間葉稻熱病嚴重發生

Fig.1. Rice blast occurred seriously in the field

(一)葉稻熱病引起水稻產量損失估計

民國 72 年第 1 期作在台南縣白河鎮及嘉義分所設置試驗田，供試品種爲台農 67 號及台南 5 號。每品種各 20 公畝，行株距 20×25 公分，其中 10 公畝按一般栽培管理，但不施藥防治葉稻熱病。另外 10 公畝水稻在插秧後 30 天尚未發生葉稻熱以前即以 35 %護粒丹可濕性粉劑施藥 1 次，7 天以後再施藥 1 次。無施藥田在插秧後 45 天發生葉稻熱病，於發病最高峰期分別 3 次，每次隨機選取合乎所期望的病斑面積率 5、11、25、55 及 80%之稻叢各 50 叢並掛上標示牌，同時亦分 3 次在施藥區選取無發病稻叢每次 50 叢。所有水稻在抽穗前 7 天及齊穗期再施藥 1 次，以防止穗稻熱病發生。水稻收穫期，選取在高峰期所標示合乎不同等級之病斑面積率[1]且未發生穗稻熱病之稻叢各 30 叢，若稻叢受到穗稻熱病爲害時就不取樣。取樣後之稻穗分別割取稻穗置於紙袋中，經曬乾後以種子分級機風選以後，秤其不同病斑面積率之單叢穀重，然後換成公頃產量，再經變方分析，比較其差異顯著性。

民國 76 年第 1 期作在嘉義分所設置試驗田，供試水稻台農 67 號及台農 70 號。田間設計及管理方法與民國 72 年第 1 期作相同。本期作兩品種皆在插秧後 52 天發生葉稻熱病。

結果(表一)3 個品種台農 67 號、台南 5 號及台農 70 號在葉稻熱病斑面積率 5 及 11 %之產量與對照不發病之產量在 5%顯著水準時差異不顯著，但在 25、55 及 80%之產量差異顯著[6]。

表一、不同水稻品種在葉稻熱病不同病斑面積率之產量及損失率

Table 1. Yield and yield loss of various rice varieties under different diseased leaf area of rice blast disease.

病斑面積率 (%)	七十二年第一期作				七十六年第一期作	
	台農 67 號		台農 5 號		台農 67 號	台農 70 號
	嘉義	白河	嘉義	白河	嘉義	嘉義
5	7,152[1]a (0.47)[2]	6,572 a (1.35)	6,556 a (0.46)	6,090 a (0.81)	6,824 a (0.32)	6,770a (0.44)
11	6,880a[3] (4.26)	6,370 a (4.38)	6,308 a (4.22)	5,890 a (4.07)	6,612a (3.42)	6,504 a (4.35)
25	5,648 b (21.40)	5,118 b (23.18)	5,290 b (19.68)	4,902 b (20.16)	5,540 a (19.08)	5,260 b (22.65)
55	3,292 c (54.19)	3,064 c (54.01)	3,258 c (50.53)	2,842 c (53.71)	3,630 c (46.98)	3,772 c (44.53)
80	1,300 d (81.91)	1,166 d (82.50)	1,256 d (80.93)	1,130 d (81.60)	1,410 d (79.40)	1,246 d (81.68)
對照 (不發病)	7,186 a (0)	6,662 a (0)	6,586 a (0)	6,140 a (0)	6,846 a (0)	6,800 a (0)

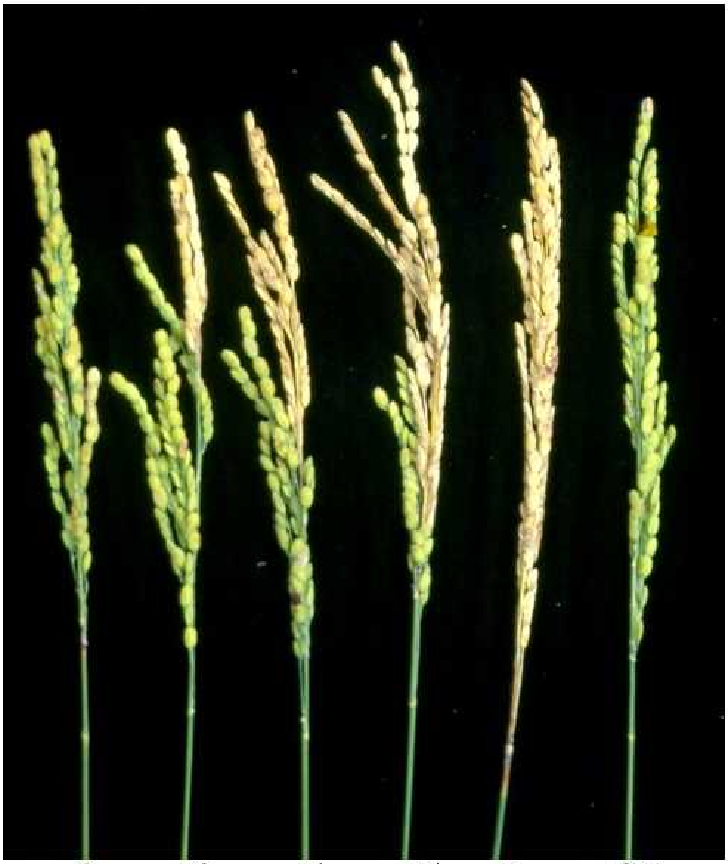
1.產量(公斤/公頃)爲三次之平均值，每次水稻 30 叢。

2.括弧內之數字爲產量損失率。產量損失率＝對照產量－不同病斑面積率產量/對照產量×100%。

3.表中英文字母相同者表示依 Duncan' s多變域測定在 5%顯著水準時差異不顯著。

(二)穗稻熱病引起水稻產量損失估計

民國 75 年第 1 期作在台南縣白河鎮及民國 76 年第 1 期作在嘉義分所設置試驗田。供試水稻品種台農 67 號及台農 70 號，插秧期分爲早、中、晚 3 次，每次相隔 15 天。小區面積爲 20 平方公尺，每品種每插秧期重複 4 次，採逢機完全區集設計，當水稻達成熟期時，依稻穗受稻熱病爲害之程度以肉眼分爲 0 (穗軸上有病斑，稻穗未受害)，1 (稻穗整穗受害)，1/3 (稻穗 1/3 以上受害)，1/2 (稻穗 1/2 以上受害)，2/3 (稻穗 2/3 以上受害)，1 (稻穗整穗受害)以及對照 (健康之稻穗)等 6 級(圖二)。



0　1/3　1/2　2/3　1　CK

圖二、穗稻熱病等級

Fig.2. Disease scale of panicle blast

0：穗軸上有病斑，但稻穗未受害(Panicle neck with necrotic lesions but rice grains without damage)

1/3：稻穗 1/3 以上受害者 (more than 1/3 of the panicle was damaged)

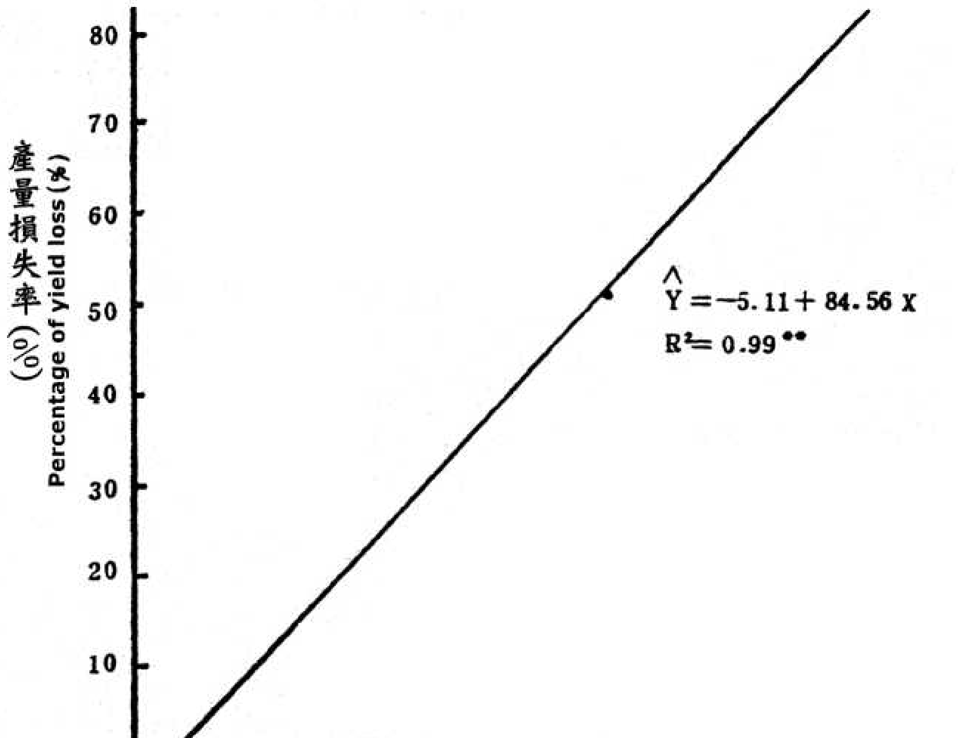
1/2：稻穗 1/2 以上受害者 (more than 1/2 of the panicle was damaged)

2/3：稻穗 2/3 以上受害者 (more than 2/3 of the panicle was damaged)

1：稻穗整穗受害 (total of the panicle was damaged)

CK：健康穗 (healthy panicle)

取樣時以單穗爲準，每小區依發病等級隨機取樣 90 稻穗，稻穗置於紙袋，曬乾後，在稻穀含水量 12-13 時秤其單穗穀重，並計算產量損失率。產量損失率 (%)＝對照穀重－不同發病等級之穀重/對照穀重 × 100%。結果顯示不同年代、不同地點及不同品種在不同插秧期，稻穗整穗受害時，其產量損失最高可達 86.03%，2/3 稻穗受害時，其產量損失最高達 53.71%，½時產量損失可達 37.55%，⅓時達 17.47%。產量損失率 (%)＝$5n_1$ (整穗受害之穗數)＋$3n_2$ (稻穗⅔以上受害之穗數)＋$2n_3$ (稻穗½以上受害之穗數)＋$1n_4$ (稻穗⅓以上受害之穗數)＋$0n_5$(稻穗穗軸上有病斑，但稻穗未受害之穗數)＋$0n_6$(健康之穗數)/6N (調查總穗數)。穗稻熱病不同發病等級和產量損失率之關係爲 $\hat{Y}$ ＝-5.11＋84.56X ($\hat{Y}$ 爲產量損失率，X 爲穗稻熱病等級) (圖三) [5]。



Disease scale of panicle blast

穗稻熱病等級

圖三、 穗稻熱病發病等級與產量損失率之關係

Fig.3. Relationships between disease scale of panicle blast and percentage of yield loss.

(三)氣溫及降雨日數對葉稻熱病的影響

民國 65、66 及 67 年葉稻熱病發病前 7 天的日平均溫度在 19-25℃之間。從發病開始 30 天內之降雨日數 65 年為 3 天，66 年為 2 天，67 年為 16 天，其發病率各為 58.2%、40.1%及 93.5%[4]。當然除了氣溫及降雨日數影響葉稻熱病之發生外，尚有其他因子。

(四)稻熱病病菌分生胞子每天採集數的變化

一天當中，空氣中分生胞子之採集數從下午 8 時到次日上午 8 時較多，故分生胞子之釋放仍以晚間居多(表二)[2]。

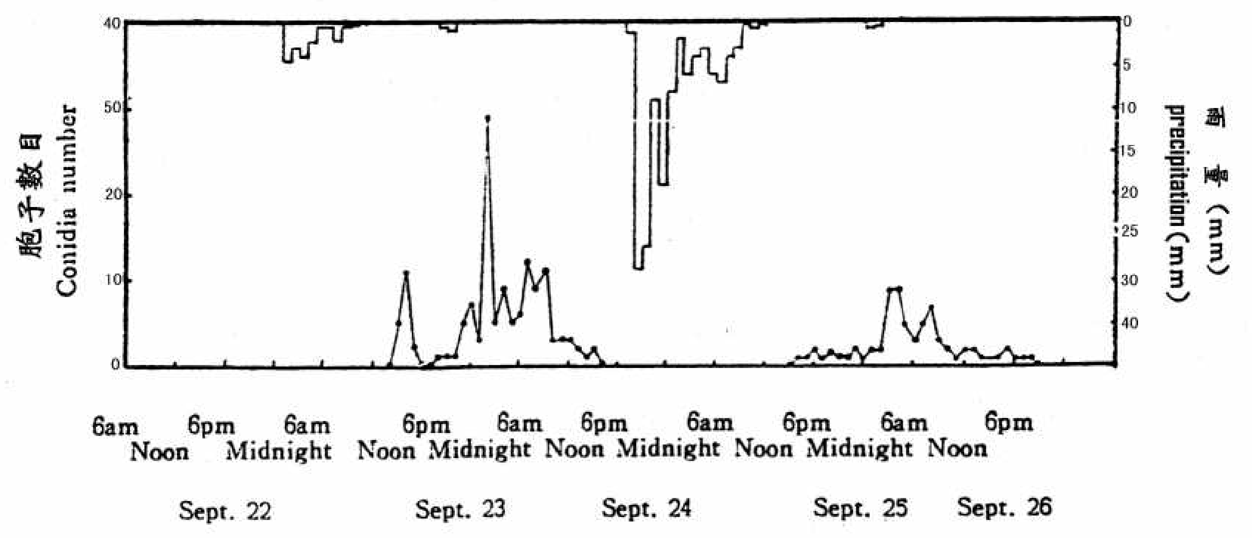
表二、每天的胞子採集數之變化 (1977 年 10 月 2~10 日)

Table 2. Diurnal changes in rates of conidia trapped (Oct. 2-10, 1977)

日期 Date	10 月 oct. 2	3	4	5	6	7	8	9	10	計 Total
14-15	0	0	0	0	0	7	0	0	0	7
15-16	0	0	0	1	0	4	0	0	1	6
16-17	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
17-18	0	0	0	1	4	8	0	1	0	14
18-19	0	0	1	1	1	5	0	2	0	10
19-20	1	1	0	0	2	4	1	1	0	10
20-21	0	4	2	2	1	3	0	3	0	15
21-22	0	2	5	2	2	7	0	2	0	20
22-23	0	11	1	4	0	2	0	4	2	24
23-24	1	10	8	5	5	5	2	1	2	39
24-1	0	5	15	7	4	5	14	2	0	52
1-2	0	17	30	24	0	3	12	5	3	94
2-3	1	12	14	17	4	2	27	4	2	83
3-4	6	1	19	17	7	4	5	6	4	69
4-5	3	13	23	30	6	4	21	1	1	102
5-6	4	9	12	0	2	1	1	1	0	32
6-7	2	2	1	2	8	8	18	3	2	40
7-8	2	3	7	0	5	12	2	2	1	34
8-9	0	0	5	0	0	1	0	3	2	11
9-10	1	0	3	0	0	3	0	8	2	17
10-11	5	0	9	0	1	1	0	0	0	16
11-12	4	0	0	0	0	1	0	1	0	6
12-13	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
13-14	0	0	0	0	2	6	0	0	0	8
計 Total	30	90	155	113	55	90	105	50	23	711
露水時門 Dew Period	12(20-8)	14(17-7)	12(19-7)	11(21-8)	11(21-8)	14(20-10)	12(19-7)	9(23-8)	6(23-5)	

(五)稻熱病病菌分生胞子採集數與雨量之關係

民國 66 年 9 月 22 日下午 7 時開始下雨，到 23 日上午 4 時止共 9 小時，下雨量 17mm，經過 5 小時才開始收集到胞子，9 月 23 日下午 2~4 小時下雨 1.6mm，雨後立即連續可以採集到甚多的胞子。9 月 24 日下午 1 時到 25 日上午 5 時共 17 小時，下雨 127.6mm，經過 5 小時後才開始採集到胞子，但最初幾個小時胞子數並不多。9 月 25 日下午 6~8 時下雨 1.1mm，收集到的胞子數顯著地較下雨前爲多。故小雨後空氣中胞子數多，大雨後空氣中胞子數反而減少 (圖四)[2]。



圖四、雨量對空氣中稻熱病菌胞子數目的影響

Fig.4. Influence of precipitation on the number of airborne conidia of *Magnaporthe grisea* .

(六)稻熱病菌分生胞子採集量與露水時間之關係

分生胞子採集量與露水時間長短無直接關係，露水時間長可以採集到甚多的分生胞子，但有時候露水時間短，甚至無露水，亦可採集到胞子(表三)。

表三、胞子採集量與露水時間(小時)

Table 3. Number of conidia trapped and dew period (hrs)

月份 露水及 胞子 日期	三月		四月		五月	
	露水時間	胞子數目	露水時間	胞子數目	露水時間	胞子數目
1	下雨	0	2.5	16	下雨	21
2	下雨	0	12	56	12.5	55
3	下雨	0	0	53	11	74
4	0	0	0	26	下雨	3
5	7.5	0	故障	19	下雨	0
6	10	0	0	7	0	0
7	10.5	2	0	174	5.5	48
8	13	1	8.5	93	12	65
9	13	1	14	193	12	87
10	0	1	0	133	12	31
11	8.5	4	0	27	9.5	8
12	0	4	12	86	13	57
13	0	1	12.5	365	13.5	31
14	13	0	7	163	7	26
15	13	1	下雨	183	9.5	32
16	0	0	0	252	12.5	28
17	4.5	14	0	247	13	16
18	0	13	11	425	11.5	48
19	3	13	9.5	616	13.5	11
0	0	2	9.5	353	13	12
21	0	0	12.5	288	11	9
22	0	0	0	142	6.5	7
23	0	3	0	78	17.5	1
24	0	0	下雨	61	15.5	10
25	11	0	0	44	11.5	8
26	6	1	9	43	9.5	6
27	6.5	53	0	152	下雨	1
28	6.0	71	13	130	下雨	0
29	0	95	11.5	56	下雨	0
30	0	98	12.9	63	下雨	0
31		273			下雨	0

(七)葉稻熱病的預測

從民國 66-76 年等 11 年間設置預測田，並於田間放置氣象儀器以記載氣象資料(圖五)。葉稻熱病發生後定時紀錄病勢進展，最後分析葉稻熱病發生與氣象因子之關係而建立預測模式，並於民國 77 及 78 年在台南區農業改良場之轄區內進行驗證，證實其適用性(表四)。

圖五、稻熱病田間發病與氣象關係調查

Fig.5. Relationships of rice blast and meteorological factors

表四、水稻葉稻熱病田間預測結果 (1988 及 1989)

Table 4. Prediction of rice leaf blast under field condition (1988-1989)

預 測 小 區	1988		1989	
	預測發病	實際發病	預測發病	實際發病
斗 六 小 區	輕*	輕	中	輕-中
虎 尾 小 區	輕-中	輕-中	重	輕
北 港 小 區	輕	輕	輕-中	輕-中
嘉 義 小 區	輕	輕	輕	輕-中
東 石 小 區	輕-中	輕-中	重	輕-中
中 埔 小 區	輕	中	輕	輕
新 營 小 區	輕-中	輕-中	中	輕-中
曾 文 小 區	輕	輕	輕	輕
北 門 小 區	輕	輕	重	輕
新 化 小 區	輕	輕	輕	輕

稻熱病病斑面積率＜11％爲輕，11-55％爲中，55％以上爲重。

利用插秧後 20 天開始 10 天內之平均相對溼度，相對溼度大於 90%之小時數，降雨量及降雨日數等資料輸入電腦，電腦即顯示要不要施藥，施藥 1 次或施藥 2 次(圖六)(7)。

圖六、利用電腦預測葉稻熱病

Fig.6. Forecasting of rice leaf blast by computer

結　論

稻熱病的防治除了栽培抗病品種以外，就是利用藥劑防治。但是藥劑防治，要有施藥的依據，也就是利用預測的結果來作爲防治的依據，預測的結果告訴農友要不要施藥，若是要施藥時，到底施藥 1 次，2 次或幾次，才不致浪費農藥或施藥成本，同時可達到防治稻熱病的目的。

本文提到的葉稻熱病預測係在台南縣白河鎮所收集的發病及氣象資料，分析兩者的關係而建立的預測模式，並在台南區農業改良場之轄區進行驗證，證實其實用性。但已經相隔 20 年，期間由於水稻品種及栽培環境不同，葉稻熱病的發生生態應有改變，尤其病原菌是善變的，故本預測模式目前的適用性如何，亦不得而知，唯有靠往

後的學者來驗證或修正，所以從這裡也可以明瞭許多研究工作應該是持續的，才不至於出現空窗期。

引用文獻

1. 台灣省政府農林廳。1963。水稻葉稻熱病罹病程度調查基準及基準圖。台灣省政府農林廳編印。21 頁。
2. 蔡武雄。1977。旱田病圃稻熱病的發生與氣象。中華農業研究 26（4）：290-295。
3. 蔡武雄。1978。稻熱病流行學之田間研究。科學發展月刊 6(5)：490-497。
4. 蔡武雄。1980。氣溫及降雨日數對葉稻熱病的影響。中華農業研究 29(1)：21-25。
5. 蔡武雄。1988。穗稻熱病引起水稻產量損失估計。中華農業研究 37（1）：86-90。
6. 蔡武雄。1988。葉稻熱病引起水稻產量損失估計。中華農業研究 37（2）：207-201。
7. 蔡武雄。1990。利用電腦預測水稻葉稻熱病。台灣省農業試驗所研究成果展覽會。1990 年 2 月 23 日至 28 日於台中市立文化中心。

Abstract

Tsai, W. H. 2009. The review on the studies of rice blast. pp.1-12. *In*: Proceedings of Symposium on Achievements and Perspectives of Rice Protection in Taiwan. 160 pp. (Chiayi Agriculture Experimental Station, ARI, Chiayi 600, Taiwan, ROC.)

Yield of rice cultivar Tainung 67, Tainan 5 and Tainung 67 caused by leaf blast under various diseased leaf area 5 and 11% were not different significantly. However, it was different significantly at 25, 55 and 80% diseased leaf area. Yield losses caused by panicle blast could be calculated by the formula Ý= -5.11+84.56X (Ý is percentage Yield loss, X is disease scale of panicle blast). The daily average air temperature during the seven-day period before the disease first appeared fell within 19-25℃. The number of rainy days during the 30 day period fallowing the disease occurrence in 1978, 1977 and 1976 were 16, 2 and 3, and the highest incidence were 93.5, 40.1 and 58.2 % respectively. A diurnal change of releasing conidia with greater numbers was from 8 p.m. to 8 a.m. But the number of conidia could be diminished by a heavy rain. However, a drizzle was favored for conidia released. No close relation ship was bound between the number of conidia trapped and the duration of dew period. More conidia were trapped when the dew period lasted a long time, however ,conidia could also be trapped when dew did not appear. Prediction of rice leaf blast with computer by using the 10 days' average R.H., hours of R.H. > 90%, rainfall, and rainy days at 20 days after transplanting. The computer will show non-chemical application, one-time application or two-time applications.

(Key words: Rice Blast; Estimation of yield loss; Prediction)

水稻疫病蟲害監測、共同防治及其展望

王堂凱、蔡偉皇、方尚仁[*]、顏辰鳳
台北市　行政院農業委員會動植物防疫檢疫局

摘　要

王堂凱、蔡偉皇、方尚仁、顏辰鳳. 2009. 水稻疫病蟲害監測、共同防治及其展望. 台灣水稻保護成果及新展望研討會專刊，第 13- 28 頁. 倪蕙芳、楊宏仁編. 160 頁. 農業試驗所印。

防檢局 89 年開始聯合各試驗改良場所及縣政府，於全國重要水稻產地辦理重要水稻疫病蟲害之監測及共同防治，監測及防治對象包括水稻稻熱病、白葉枯病、褐飛蝨、瘤野螟、水象鼻蟲、二化螟及負泥蟲等，97 年起並成立全國性專案監測計畫，擴大辦理稻熱病及白葉枯病之監測工作，所有監測資訊均彙整於植物疫情管理資訊網，再結合監測結果及地理資訊系統研判疫情，並發布 236 則警報提醒農民進行防治，同時辦理 150 場以上講習會，指導農民正確防治方式，另每年均辦理稻種消毒約計 15 萬公頃，水稻病蟲害共同防治 10 萬公頃，經統計每年約可降低稻農 6%以上危害損失。為持續強化水稻疫病蟲害監測及共同防治體系，未來將擴充監測點數、成立專家團隊研訂疫情分級基準與相對應之標準作業程序、擴增農民獲得資訊之管道，並加強監測結果與共同防治工作之勾稽。

（關鍵詞：水稻、共同防治、病蟲害、監測）

*通訊作者。E-mail: sjfang@mail.baphiq.gov.tw

緒　言

水稻栽培期間發生之疫病蟲害種類繁多，在臺灣已記載之水稻病害有 75 種，蟲害約有 140 餘種，惟其中可造成經濟損失者有限，因此疫病蟲害之管理策略，係以重要疫病蟲害爲主，次要者則略之。一期稻作重要者包括葉稻熱病、紋枯病、穗稻熱病、螟蟲類、斑飛蝨及水稻水象鼻蟲等；二期稻作包括白葉枯病、紋枯病、瘤野螟、螟蟲類、褐飛蝨及福壽螺等。良好的疫病蟲害管理須隨栽培品種、耕作制度、疫病蟲害種類、氣候條件及栽培管理技術等而變動。依據疫病蟲害發生種類，選擇正確藥劑，掌握防治時機及防治技術，即可有效降低受害程度及避免農藥殘留問題。

爲有效掌握水稻病蟲害發生狀況，並把握時機進行防治，行政院農業委員會動植物防疫檢疫局（以下簡稱防檢局）自 90 年起委請全國各試驗改良場所及縣政府人員，建立病蟲害監測、預測及通報系統，對象包括水稻稻熱病、白葉枯病、瘤野螟、褐飛蝨、水象鼻蟲、二化螟及負泥蟲等 7 種，期望在病蟲害尚未大發生前，即將田間疫情資訊傳送農友參考應用，以爭取防治管理時間。另參照各地區歷年疫病蟲害發生情形及良質米生產專業區分布，聯合地方政府成立計畫，推動稻種消毒及重要水稻疫病蟲害的共同防治，以期有效減少農藥施用次數，並促進整體水稻生產安全。

歷史沿革

我國植物疫情監測工作，濫觴於民國 50 年之「水稻病蟲害發生預測」。當時爲保護我國最重要的民生糧食－水稻的生產，前中國農村復興聯合委員會結合各區農業改良場，將全國劃分爲桃園、臺中、臺南、高雄、臺東及花蓮等 6 個預測區，其下再設預測小區（各含 3 至 6 個鄉鎮區）及鄉鎮區的三級預測網方式，於臺灣所有的水稻產區執行水稻病蟲害監測與發生預測。該架構下小區之預測員爲其骨幹，得隨時依疫情發布警報，每次發布警報則印製約 300 份資料，郵寄至小區內之農會、農藥零售商、村里辦公室、鄉鎮區預測員等，提醒農民進行防治，並同時傳遞至預測區之預測員及縣市政府，最後每個預測區分別整理統計並分析區內病蟲害消長情形，並發布月報、期報及年報。

水稻病蟲害監測工作於 86 年併入前臺灣省農林廳督導建立之「植物疫情監測體系」，進行全國疫情監測、調查、通報與疫病蟲害鑑定工作整合，並透過電腦網路的連結，使我國的水稻疫情監測工作邁入資訊化階段。87 年防檢局成立，爰賡續結合農業試驗改良場所、大專院校相關系所、縣市政府及法人團體等單位，共同建置「植物疫情通報系統」，92 年引進地理資訊系統，94 年整合「植物疫情管理資訊網」，96 年及

97 年爲配合國土資訊及防救災等政策之推動及執行，建置紅火蟻、斜紋夜蛾及水稻稻熱病密度分布圖，疫情分析由表格式數據，轉爲空間分布圖，除了提供植物防疫決策所需外，並朝資源共享的目標邁進。

水稻疫情監測與共同防治執行方式

水稻病蟲害自 90 年起開始監測，係由各改良場於轄區內設置 5 至 15 個監測點進行區域性主動監測，監測對象包括稻熱病、白葉枯病、水稻水象鼻蟲、水稻二化螟及負泥蟲，後由於 96 年稻熱病發生嚴重，各改良場依據監測資料推估田間病害發生率，發生總面積約 28,714 公頃，佔總栽培面積之 18%，多數爲罹病程度 5%以下，但其中罹病程度 55%以上達 214 公頃，造成嚴重危害，防檢局遂於 97 年起成立全國性專案主動監測計畫，聯合中南部各縣政府、台中及台南區農業改良場，進行稻熱病及白葉枯病之監測及疫情管理，包括加強疫情收集、農友組訓教育、示範宣導，補助地方政府購買防治資材，推動共同防治等工作，並進行後續疫情監控，以期防患於未然或早期發現早期防治，降低水稻病蟲害所造成的損失。其組織架構與權責如圖一。

一、全國性專案主動監測

（一）監測對象及執行時期

水稻第一期作 3 月至 6 月進行水稻稻熱病疫情監測，第二期作 8 月至 11 月進行水稻白葉枯病之疫情監測，調查期間每週調查 2 次，以目視法進行全鄉鎮調查。

（二）疫情調查方式

1.葉稻熱病

以叢爲單位，依下列公式計算病斑葉面積率，並參考「水稻葉稻熱病罹病程度調查規準圖」，取該調查區各叢之平均值即爲該區之病斑葉面積率，病斑葉面積率分爲 0 至 4 共 5 級，各級之罹病程度分別爲 0%、1～5%、6～25%、26～55%及 56%以上：

病斑葉面積率= (病斑面積／全葉面積) x100%

全葉面積不包括葉鞘及自然枯死葉片。

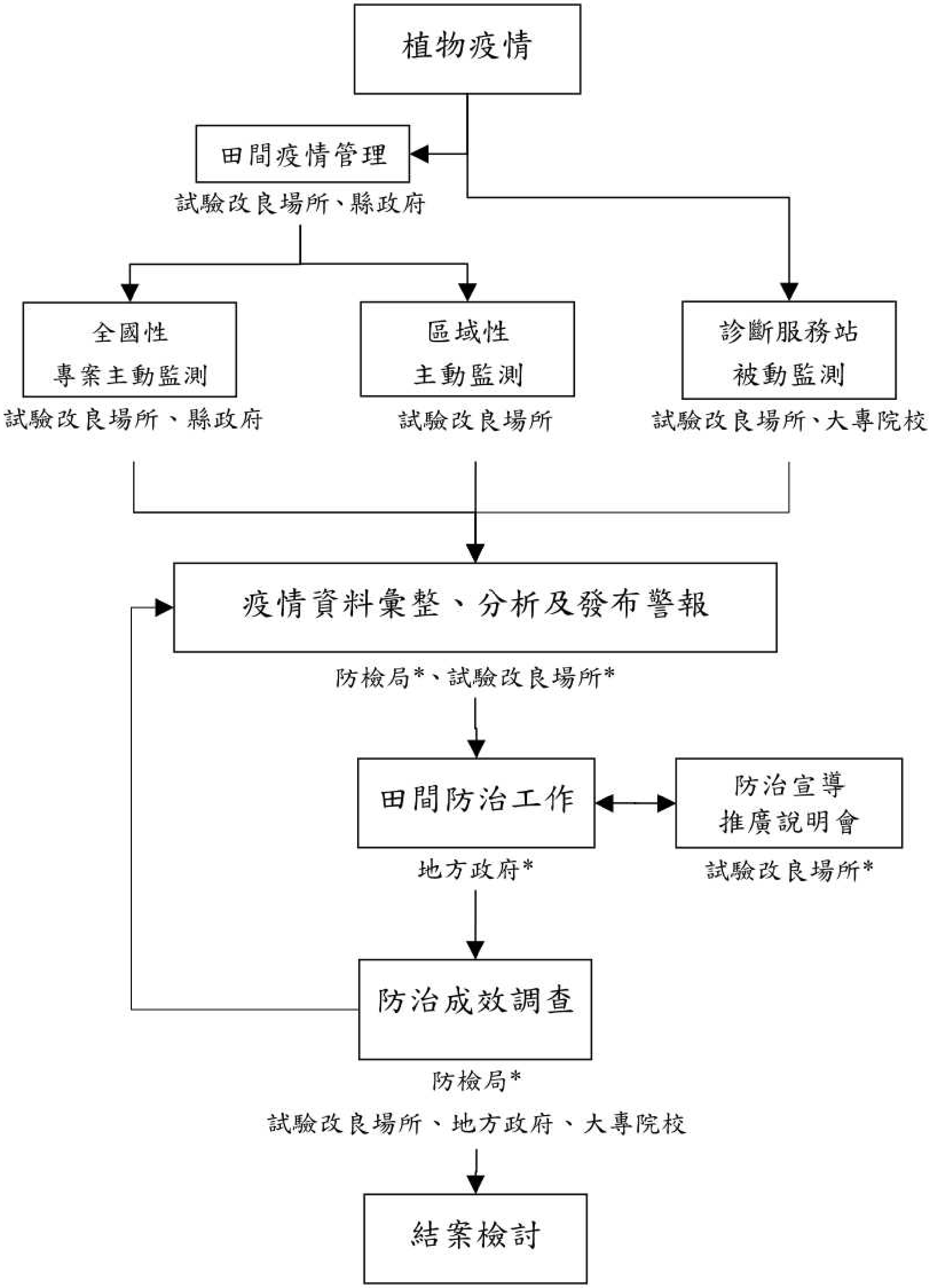
2.穗稻熱病

以叢爲單位，調查其罹病穗數，一穗中有 3 枝梗以上罹病者視爲罹病穗，依下列公式計算罹病穗率，取該調查區各叢之平均值即爲該區之罹病穗率，罹病穗率分爲 0 至 3 共 4 級，各級之罹病程度分別爲 0%、1～5%、6～20%及 21%以上：

罹病穗率= (罹病穗數／調查總穗數) x100%

圖一、疫情監測及管理工作分工架構圖

Fig.1. The framework of pest monitoring and management system in Taiwan.



3.執行地點

97 年起於臺中、彰化、南投、雲林、嘉義、台南及高雄等 7 縣內，稻熱病好發之 10 個高風險鄉鎮市（如表一），進行全鄉鎮之大面積監測調查，並以上述等高風險地區作爲疫情指標，推估全國稻熱病疫情，98 年則擴大調查範圍，除上述 7 縣外，另增加屏東縣及花蓮縣，調查鄉鎮亦增加爲 45 個（如表二），以期儘早發現病害，適時發布疫情警報，於病害發生初期即啓動防治工作。

表一、97 年水稻稻熱病全國性專案主動監測地點

Table 1.The national monitoring sites of rice blast in Taiwan for 2008

縣	鄉鎮
台中縣	霧峰鄉
彰化縣	社頭鄉
南投縣	名間鄉
雲林縣	莿桐鄉
	大埤鄉
嘉義縣	民雄鄉
	太保市
台南縣	後壁鄉
	六甲鄉
高雄縣	美濃鎮

表二、98 年水稻稻熱病全國性專案主動監測地點

Table 2.The national monitoring sites for rice blast in Taiwan for 2009

縣	鄉鎮
台中縣	大甲鎮
	大安鄉
	大肚鄉
	外埔鄉
	后里鄉
	烏日鄉
	梧棲鎮
	清水鎮
	龍井鄉
	霧峰鄉
彰化縣	田中鎮
	田尾鄉
	竹塘鄉
	社頭鄉
	花壇鄉
	員林鎮
	埤頭鄉
	溪湖鎮
南投縣	名間鄉
	南投市
	草屯鎮
雲林縣	大埤鄉
	斗六市
	斗南鎮
	林內鄉
嘉義縣	大林鎮
	太保市
	水上鄉
	民雄鄉
	朴子市
	鹿草鄉
	新港鄉
	溪口鄉
台南縣	六甲鄉
	白河鎮
	東山鄉
	後壁鄉
	柳營鄉
	新營市
高雄縣	大寮鄉
	美濃鎮
屏東縣	新園鄉
	萬丹鄉
花蓮縣	玉里鎮
	富里鄉

4.執行人員及教育訓練

爲利監測工作之進行並落實權責分工，防檢局聯合前揭縣市政府，除僱用疫情管理員外，並於上述高風險鄉鎮選任一位當地熟知稻作病蟲害疫情與分布之疫情調查員進行監測調查，並協助宣導農友即時加強防治工作。另台中、台南、高雄區農業改良場亦分別設置一位植物疫情管理員，除提供高風險鄉鎮監測技術指導外，對於轄內其他鄉鎮亦同時進行不定點之監測工作。爲精進病害調查人員之專業技能，防檢局亦於97 年 3 月 7 日、97 年 8 月 8 日及 98 年 3 月 9 日辦理教育訓練，由相關專家學者傳授歷年稻熱病、白葉枯病、瘤野螟及褐飛蝨之監測及防治工作之實務經驗，訂定前揭病蟲害之監測標準作業程序，作爲監測工作之準繩。

5.疫情回報及分析

一旦發現疫情，除由疫情管理員協助現地勘查，並彙整轄內疫情監測結果及防治現況由植物疫情管理資訊網回報防檢局，防檢局依據所收集疫情加以分析，並輔以全球定位系統（GPS）進行疫區定位，若有害生物密度陡升，則發布新聞稿、電洽或函請相關縣市政府及試驗改良場所加強督導防治，並依情形派員或洽請各區農業改良場確認。

二、區域性主動監測

監測對象包括稻熱病、白葉枯病、褐飛蝨、瘤野螟、水象鼻蟲、二化螟及負泥蟲之調查，定期監控各病蟲害發生情形，在害蟲密度升高或病害發生初期事先預警，通知各單位及農民注意防治，並透過植物疫情資訊網回報防檢局，經研判疫情後啓動快速警報，或透過農委會資訊中心所建立資訊平台，將植物疫情藉由傳真、電子郵件、簡訊及電話服務，將資訊傳遞給農民。

三、共同防治

針對水稻之主要病蟲害包括稻熱病、白葉枯病、褐飛蝨、瘤野螟以及福壽螺等之共同防治，每年均由本局、各縣市政府、鄉鎮公所、農會等單位共同編列經費辦理，本局每年補助各縣市政府約 20,000 千元，期能有效控制其發生蔓延爲害，減少稻作損失及保障農友收益。工作重點如下：

1.稻農教育

於各實施地區辦理水稻栽培管理及防治技術講習，使稻農認知植物保護技術及安全用藥之重要性，並加強其對疫病蟲害鑑別能力，進而能適時、適藥、適量及適位實施防治。並協助農糧署辦理「建立稻米生產安全管理體系計畫」，協調農會舉辦 55 場工作說明會及安全用藥宣導會（北區 8 場、中區 20 場、南區 19 場、東區 8 場）。

2.推廣共同防治

臺灣地區水稻防治工作，爲各級政府植物保護經常性施政一環，本局每年均參照該地區歷年疫病蟲害發生情形、水稻育苗中心及稻米產銷專業區分布，成立計畫補助地方政府，執行稻種消毒工作，生產健康秧苗奠定水稻生產基礎，推動水稻重要病蟲害（稻熱病、白葉枯病、飛蝨類、瘤野螟及福壽螺等）共同防治，有效提高整體防治效率。經統計每年稻種消毒約計辦理 15 萬公頃，水稻病蟲害共同防治 10 萬公頃。

3.藥劑共同採購

地方政府依據該地區歷年疫病蟲害發生情形，參考植物保護手冊推薦使用之藥劑及使用方法，選擇防治效果最佳之藥劑，辦理藥劑共同採購，降低農友防治成本，提高防治效率。

4.防治成效調查與檢討

聯合各試驗改良場所及縣政府，持續進行水稻病蟲害監控，以瞭解疫情是否已經降低，並作爲後續檢討依據。

執行成果

一、水稻稻熱病

90 年至 98 年由各改良場進行區域性主動監測，並將監測資料彙整於植物疫情資訊網，共發布水稻葉稻熱病及穗稻熱病警報 60 則，另爲加強共同防治成效，統一由防檢局委託台灣銀行辦理水稻稻種消毒等藥劑共同供應採購契約 18 批次以上，提供全國各地方政府採購，提高採購效率，並辦理 150 場次以上講習會，指導農友正確的防治方式，經統計每年約可降低稻農 6%以上危害損失，有效減少農藥施用次數，並促進整體農業生產安全。

97 年起辦理稻熱病及白葉枯病全國性專案主動監測，97 年度一期作稻熱病之監測結果，發病的水稻品種以台南 11 號爲主，其次爲台梗 2 號、9 號及台農 71 號，發病時期以 4 月下旬疫情稍嚴重，發生總面積不超過 100 公頃，且罹病度（葉片病斑面積率）皆未達 55%，以病斑面積小於 5%者最多，計 25 公頃，嘉義民雄地區發病總面積最廣計 42.3 公頃，其他地區均屬零星發生，空間分布圖如圖二，監測結果趨勢圖如圖三。此外，監測結果顯示，病斑面積率亦多維持在總葉面積之 0.5%左右，推估總發病面積約佔總耕作面積的 6%，較 96 年減少 12%。另各區穗稻熱病疫情皆不嚴重，總發病面積 11.4 公頃，各地區均屬零星發生。

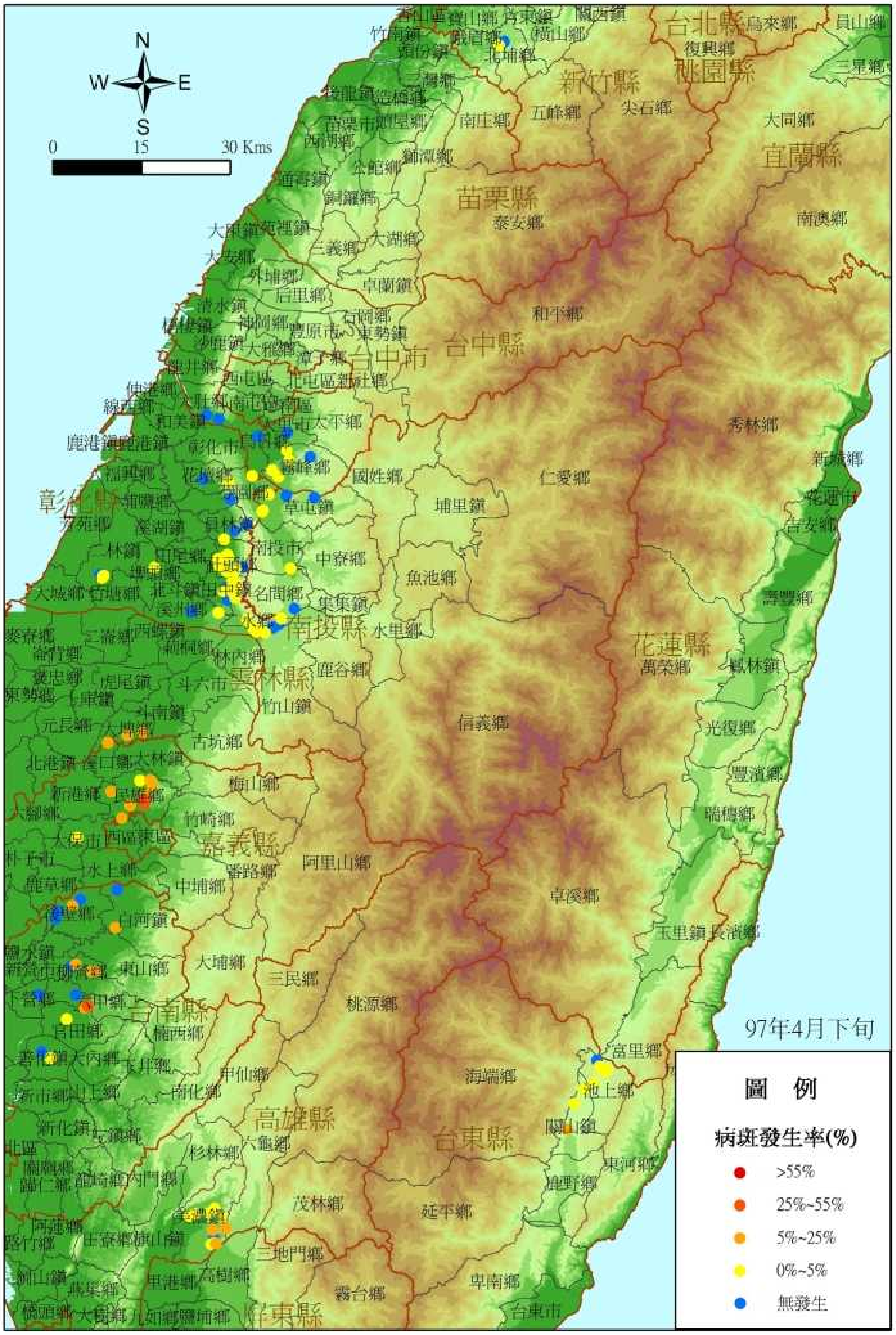
4 月份尤其清明節前後，往往爲稻熱病好發時期，97 年由於 1 至 3 月氣溫偏低，導致水稻生長緩慢，較晚進入分蘗盛期，因此插秧進度平均延後 10-15 天。自 4 月份後

雖溫度大幅升高，平均較 96 年上升，惟 97 年日夜溫差大之日數較 96 年少。同時防檢局及各區農業改良場亦根據監測及相關資料適時發布稻熱病警報，提醒農友加強防治，故疫情未若 96 年嚴重。5 月下旬中彰投地區降雨量雖較 96 年高，然已接近稻熱病發生末期，且植株生長勢旺盛，施藥防治病害後，植株容易恢復，南部地區則已接近收割期，且農友為防範稻穗因下雨而發芽，多提早收割，因此穗稻熱病亦僅零星發生。由於 96 年稻熱病發生嚴重，因此 97 年農友對於稻熱病疫情警覺性及防治配合度均較高，加以 97 年各高風險地區監測工作的落實及各縣市政府配合監測結果適時加強督導防治工作，因此皆能在疫情發生初期即完成防治，大幅減少病害發生程度與面積。

98 年度一期作則針對 45 個鄉鎮市，進行稻熱病之全國性主動監測調查，監測結果以 5 月上旬疫情稍嚴重，發生總面積為 2,726 公頃，以病斑面積小於 5% 者最多，計 759.65 公頃，台中縣發病總面積最廣計 1,003 公頃，其他地區均屬零星發生，空間分布圖如圖四。此外，監測結果顯示，病斑面積率亦多維持在總葉面積之 0.5% 左右，發病面積約佔總耕作面積的 8.4%。

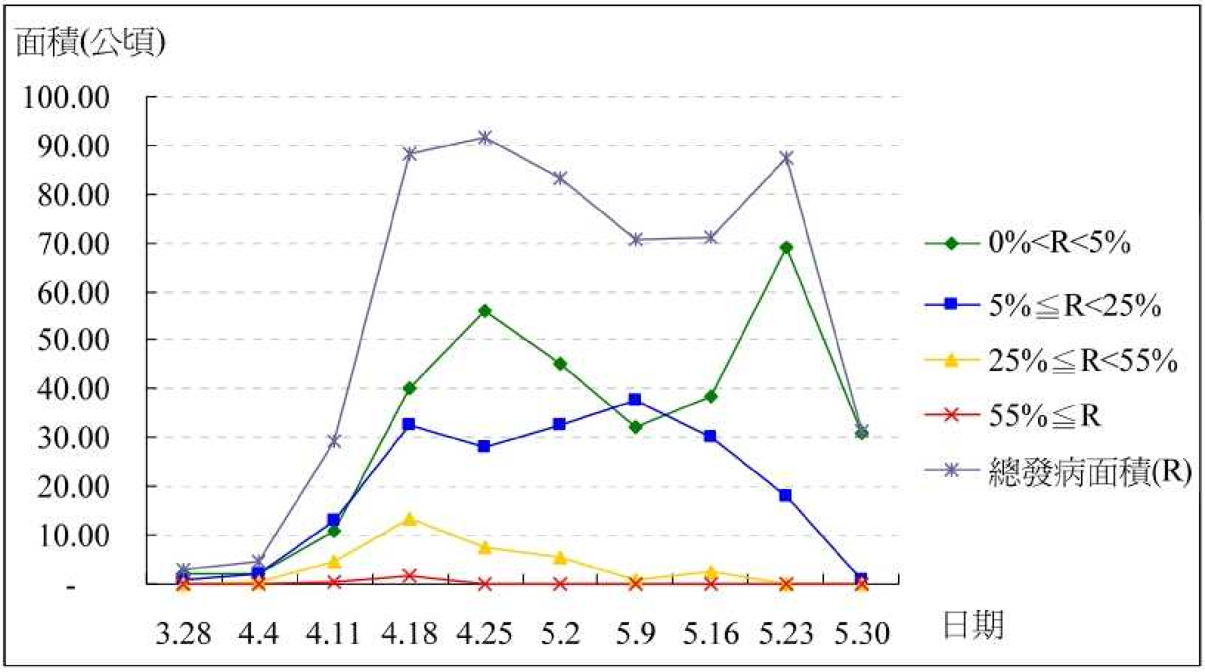
圖二、97 年一期作水稻稻熱病發生分布圖

Fig.2. The distribution of rice blast in Taiwan during the first cropping season of 2008



圖三、97 年一期作水稻稻熱病發生趨勢圖

Fig.3. The occurrence of rice blast in Taiwan during the first cropping season of 2008.



98 年日夜溫差大之日數與 97 年相仿，雨量於 3 月下旬至 4 月下旬較 97 年少，4 月中旬至 4 月下旬則明顯增加，推測爲 5 月上旬罹病程度較高之原因，同時在落實監測工作及各試驗改良場所與縣政府確實宣導防治工作下，並未造成嚴重疫情。

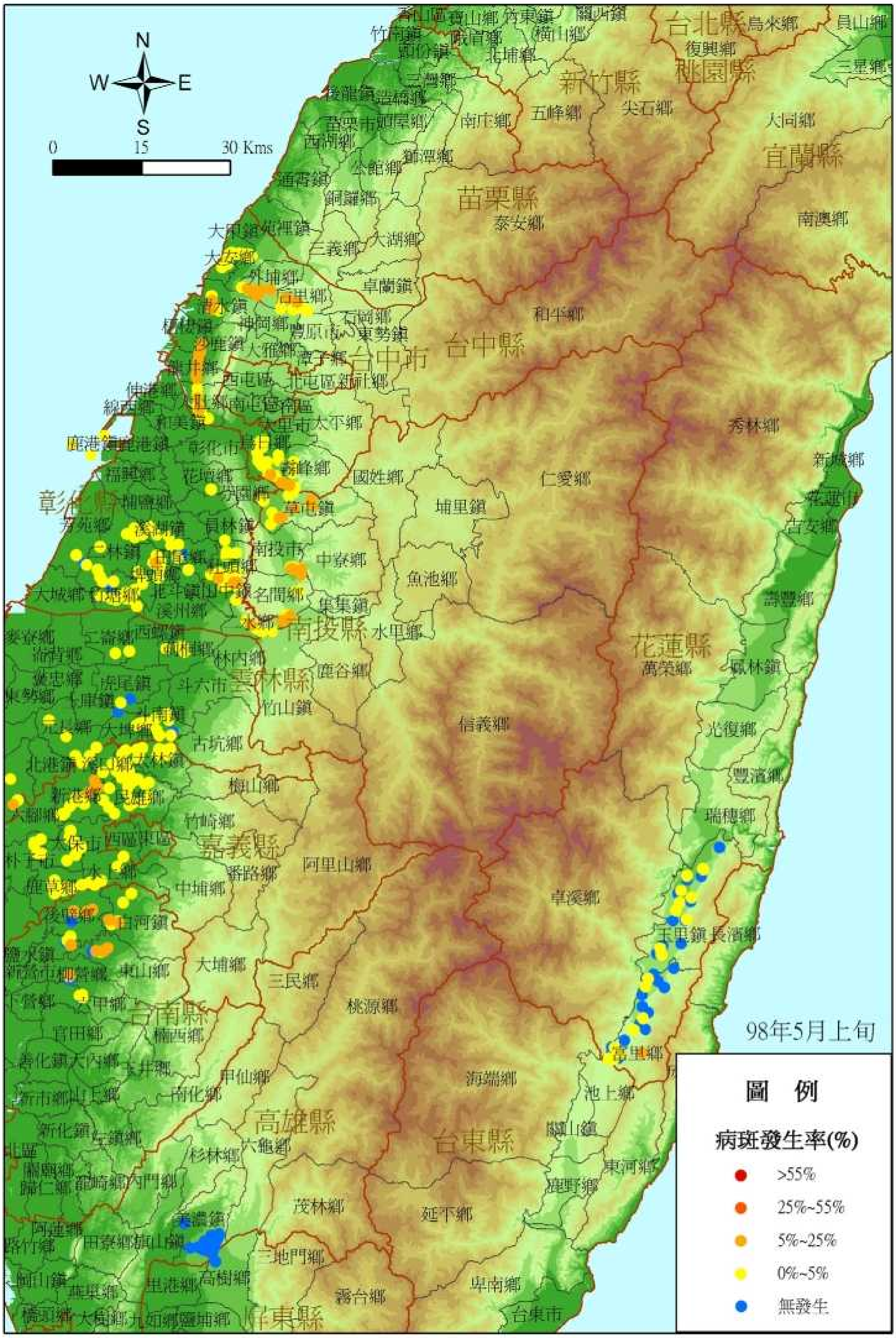
二、水稻白葉枯病

90 年至 98 年由各改良場進行區域性主動監測，並將監測資料彙整於植物疫情資訊網，共發布白葉枯病警報 34 則，另亦於前揭 150 場次以上講習會，指導農友正確的白葉枯病防治方式。

97 年度防檢局於 8 至 11 月進行水稻二期作白葉枯病之全國性主動監測及共同防治，共發布 7 次警報提醒農友進行防治，由於二期作期間颱風發生頻繁，造成水稻植株傷口較多，且雨量豐富、日夜溫差大，使露水較多且持續時間長，97 年度發生情形較嚴重，9 月中旬前以彰化縣發病面積 200 公頃最廣，後經農改場、縣政府及農會加強宣導防治，發病面積於 10 月後減少 50%，10 月上旬發病情形最爲嚴重，其中台南縣、嘉義縣及南投縣分別爲 875.9 公頃、543 公頃及 346 公頃，發生面積總計 1,905 公頃，佔總調查面積之 38%，空間分布圖如圖五。

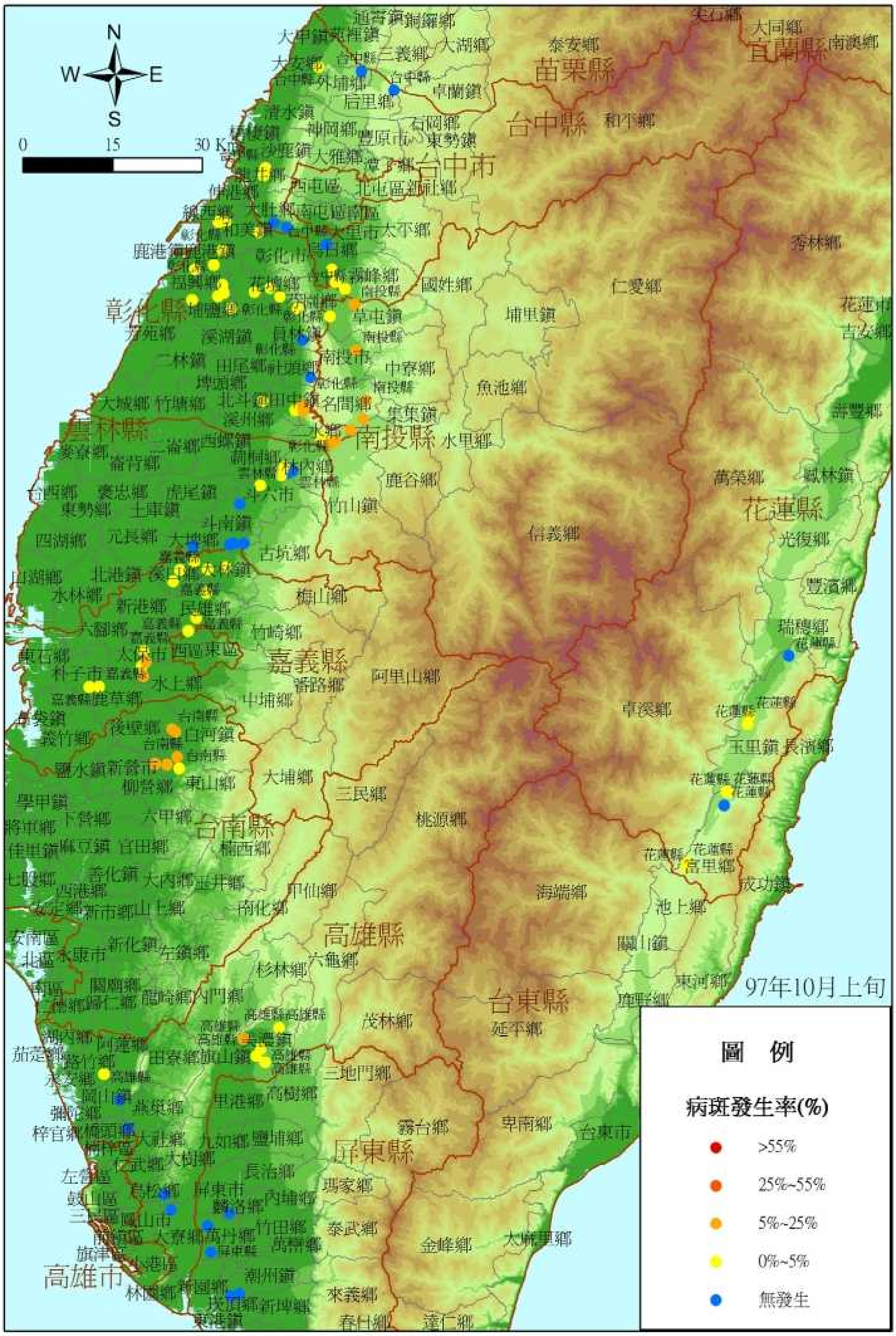
圖四、98 年一期作水稻稻熱病發生分布圖

Fig.4. The distribution of rice blast in Taiwan during the first cropping season of 2009.



圖五、97 年二期作水稻白葉枯病發生分布圖

Fig.5. The distribution of bacterial leaf blight of rice in Taiwan during the second cropping season of 2008.



三、水稻瘤野螟、褐飛蝨、水象鼻蟲、二化螟及負泥蟲

前揭害蟲係進行區域性主動監測，89 年執行至今，在二化螟監測部分，分別於桃園新屋、彰化大村、雲林斗六及嘉義新港進行監測，歷年資料顯示 5 至 7 月爲成蟲密度高峰，另 92 年及 93 年 10 至 12 月亦在桃園新屋及彰化大村發現害蟲密度增加，推測爲該年 10 月雨量較少所致；褐飛蝨部分則在桃園、彰化、台南、高雄、屏東、花蓮、台東等地共設置 10 個監測點，監測結果以 10 至 11 月密度最高，平均每個監測點之誘蟲燈可誘集 200 隻以上之害蟲；另亦於桃園、苗栗、嘉義、屏東、花蓮等地設置 10 個監測點監測瘤野螟密度，結果則以 10 至 11 月爲高峰，其中桃園新屋在 96 年 10 至 11 月平均每個誘集燈可誘集 100 隻以上之害蟲，而彰化大村在 97 年 9 至 10 月平均每個誘蟲燈可誘集到 200 隻以上之害蟲，均超過經濟危害基準，89 年至今各區改良場及防檢局針對前揭害蟲共發布警報 142 則，提醒農民進行防治，並辦理 150 場次以上的講習會，宣導正確防治方式，共同防治面積亦累積達 40 萬公頃以上。

四、福壽螺

除病害及蟲害外，防檢局並針對嚴重危害水稻生產的福壽螺進行共同防治工作，宣導農友於第一期作水稻插秧後 24 天內及第二期作插秧後 14 天內進行防治，並於同一水域共同執行田間福壽螺防除工作。本局 97 年度水稻病蟲害防治工作，共辦理約 2 萬公頃，且自 91 年以來，業已辦理福壽螺防治示範觀摩會計 24 場，指導農友正確使用目前已登記之 3 種防治福壽螺藥劑，有效控制水稻病蟲害與抑制螺害，並減少農作物損失。

未來展望

水稻疫病蟲害之監測及共同防治執行至今，仍有部分工作須繼續加強努力，包括一、區域主動監測點較少，不足以代表全國疫情發生情形，二、水稻病蟲害之流行病學研究不足，無法更準確結合氣象資訊提醒農民進行防治，三、在疫情傳遞方面，由於農民獲得疫情警報管道有限，亦有無法即時獲得資訊之情形，四、監測資訊與共同防治工作彼此勾稽不足，無法達到最佳防治效果。

職是之故，本局規劃未來僱請各鄉鎮篤農作爲疫情調查員，並於重要產區之改良場規劃疫情管理員，以利疫情收集，補足水稻疫病蟲害區域主動監測點數不足之問題，並與各試驗改良場所研商現行水稻病蟲害主動監測項目、調查點數、方式與資料彙整情形，以整合相關資訊作更有效的分析；另將籌組團隊針對重要之水稻疫病蟲害研訂

疫情分級基準與相對應之標準作業程序，包含疫情通報、防治措施、後續監測及解除等 4 種工作；至疫情傳遞部分，除持續協助農委會加強其資訊平台之功能外，亦將結合村里鄰長及農藥零售商傳遞相關訊息；最後，檢討監測及共同防治工作之配合情形，避免補助各縣政府之經費無法在疫情上升時，即時執行防治工作。

水稻疫病蟲害監測調查執行至今，累積豐富資料，並已結合地理資訊系統，初步建立病害擴展模式，期能與有志一同研究之專家共同分享資訊，並配合氣象因子與病蟲害發展之流行病學分析，精進病蟲害發生高風險時期之監測評估工作，更精確地掌握管理時效，以確保農民收益，落實「早期發現，早期治療」之理念。另配合臺灣農業政策的調整，以栽培抗疫病蟲害的品種爲主體，搭配育苗箱之預防性及導入田間疫病蟲害監測預測技術，推動綜合管理，以減少化學藥劑使用量及施藥次數，降低生產成本、維護農業環境生產安全，達成農委會陳主任委員上任後，建設臺灣爲無毒農業島之施政目標。

引用文獻

1. 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局植物防疫組。2008。10 年有成　防檢局成立 10 週年紀念專刊第 63-67 頁。葉瑩、張弘毅、邱垂章、董好德、葛文俊、鄒慧娟、杜文珍、高銘釜、李錦文、吳筱蘭、施泰華、袁致傑、葉濟蒼、蔣先沖、鄭秀蓮、周曉梅、吳佩宜、胡家寧編。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局印。臺北。
2. 杜金池、蔡財旺、簡錦忠、蔡武雄、張義璋編。1990。稻作病蟲害發生預測專輯　稻熱病。臺灣省農業試驗所。南投。119 頁。
3. 陳泰元、游智淵、蔡偉皇。2008。動植物防疫檢疫季刊 第三季第 37-39 頁。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局印。臺北。
4. 蕭榮福、范國洋、陳漢洋、謝忠能、李麗娟編。1985。臺灣省水稻病蟲害發生預測。臺灣省政府農林廳。南投。382 頁。

Abstract

Wang, Tang-Kai; Tsai, Wei-Huang; Fang, Shan-Jen; Yen, Chern-Feng.2009.The monitoring and coordinated management of rice pests and its future prospects. pp.13-28 .*In*: Proceedings of Symposium on Achievements and Perspectives of Rice Protection in Taiwan. 160 pp. (9F, 51, Chung Ching S. Rd., Sec. 2 Taipei, Taiwan, ROC.)

The Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine (BAPHIQ) has cooperated with every Agriculture Research and Extension Station, Research Institute, and County Government since 2000 to monitor and manage the important pests of rice, including Rice blast, Bacterial leaf blight, Brown planthopper, Rice leaffolder, Rice water weevil, striped rice borer, and Rice leaf beetle. Besides, BAPHIQ set a national monitoring project to enhance the monitoring and control of Rice blast and Bacterial leaf blight from 2008. All monitoring information was collected in Plant Pest Information Monitoring and Reporting System, and then analyzed with Global Information System. We totally sent 236 alerts to remind farmers to control the pests, held more than 150 short-term trainings to teach farmers correct control methods, subsidized rice seeds sterilization pesticides for more than 150 thousand hectors, and subsidized pesticides for more than 100 thousand hectors. These efforts reduced the damage of pests for more than 6 % in statistics. In order to strengthen the system of monitoring and control, BAPHIQ planted to increase the monitoring sites, set up professionals groups to establish standard operation procedures, increase information collecting channels of farmers, and reinforce the connection of monitoring information and implement of control in the future.

(Key word: rice, monitoring, pests, cooperative control)

臺灣水稻徒長病之發生與防治

黃槵昌、朱盛祺*

台東市　行政院農業委員會臺東區農業改良場

摘　要

黃槵昌 、朱盛祺. 2009. 臺灣水稻徒長病之發生與防治. 台灣水稻保護成果及新展望研討會專刊，第 29- 43 頁. 倪蕙芳、楊宏仁編. 160 頁. 農業試驗所印。

由 *Gibberella fujikuroi* 引起的水稻徒長病，近幾年來在臺灣各地區發生逐漸普遍，尤以臺東、花蓮地區最爲嚴重，主要種植品種—高雄 139 號及臺稉 2 號，田間罹病率超過 10%；稻種帶菌是本病最重要的初次感染源，於 2000-2001 年間檢測臺東地區稻種，發現帶菌情形普遍而嚴重。選種罹病率低的品種並使用健康稻種，再配合有效的稻種消毒則是防治徒長病的首要措施。稻種消毒試驗顯示：以 25%撲克拉乳劑 1,000 倍、62.5%賽普護汰寧水分散性粒劑 1,000 倍、25.9%得克利水基乳劑 2,000 倍或 20%披扶座可濕性粉劑 1,000 倍浸種 24 小時後催芽，對稻苗徒長病的防治效果最突出；稻種催芽後以 40%免賴地可濕性粉劑 1,000 倍、80%多得淨混合可濕性粉劑 800 倍或 62.5%賽普護汰寧水分散性粒劑 1,000 倍浸種 12 小時，對稻苗徒長病也都有優異的防治效果；拔除田間病株、病田休耕或輪作綠肥，以減少田間二次感染源，亦是減少徒長病必須採取的綜合防治措施。爲防杜本病發生爲害，建議加強探討病害發生生態、研發病菌偵測技術、強化健康種苗生產體系及選育優良抗病品種。

（關鍵詞：水稻徒長病、稻種消毒、撲克拉、賽普護汰寧、得克利、披扶座、免賴地、多得淨）

*通訊作者。E-mail: sc.chu@mail.ttdares.gov.tw

諸　言

臺灣水稻徒長病最早由澤田氏於 1912 年記載報告[23,25]，為我國及日本水稻古老病害之一，該病由病原真菌 *Gibberella fujikuroi* (無性世代 *Fusarium monilifome*，即鐮胞菌)所引起，本病在苗期時病徵明顯，臺灣農民俗稱「稻公」，日本稱之為馬鹿苗病(bakanae disease)。種子帶菌是本病主要傳播途徑，稻苗罹病後徒長而淡黃，病苗通常在插秧前後即死亡。本菌在水田中可存活 4 個月[19]，如兩期稻作相隔時間不長，土中的感染源可感染插秧後的健康稻苗。罹病株稻桿徒長修長，葉片下垂呈淡黃色，基部數節上長不定根，不久節上生出白色菌絲，最後全株被暗白色至淡紅色的菌絲及孢子覆蓋，病株不能結穗並提早死亡[20]。本病近幾年來在臺灣各地區有逐漸嚴重的趨勢，在水稻本田，隨處可見許多「出類拔萃」的徒長病株，98 年第一期作在臺東、花蓮地區即普遍發生，尤其在高雄 139 號及臺稉 2 號最猖獗(圖一)，經筆者等全面粗略調查，於本田罹病率均超過 10%(表一)。

圖一、水稻徒長病在田間普遍發生

Fig 1. Bakanae disease of rice was generally happen in fields

表一、臺東地區水稻主要品種本田徒長病罹病率調查(2009,04,06)[a]

Table1. Bakanae disease rate of main cultivar rice was investigated in Taitung area(2009,04,06)a

水稻品種	徒長病平均罹病率（%）
高雄 139 號	12~15%
臺稉 2 號	10~12%
臺稉糯 5 號	7~9%
花蓮 20 號	3~5%
臺東 30 號	＜1%
臺稉 9 號	＜1%
臺農 71 號	＜1%
臺中 192 號	＜1%
高雄 141 號	＜1%
高雄 145 號	＜1%
越光	＜1%

[a] 採全面隨機目視調查，每欉稻株有一分櫱罹病即計算為一罹病單位。

病原菌型態

本病由 *Gibberella fujikuroi* (Sawada) lto et Kimura (有性世代)[25] 所引起，其無性世代為 *Fusarium monilifome* J. Sheld.。 *F. monilifome* 的小分生孢子梗由氣生菌絲分叉生出，梗的下端略膨大，梗的尖端尖細略似瓶狀枝(phialide)，頂端著生小分生孢子，呈鏈狀或假頭狀，小孢子呈紡錘狀或桿棒狀，單胞無色(偶有一隔膜者)，大小 8.59×3.67μm；大分生孢子梗由菌絲生出，有 2-3 分枝，分枝及主枝的尖端細，呈瓶狀枝形，頂端著生大孢子。大孢子細長鐮刀形，頂端彎曲，基部有足細胞，1-5 隔膜，但 80%為 2 隔膜，無色透明，大小 28. 75-52.5×2.5-4.5μm，不形成厚膜孢子，菌絲老化時，常變成厚壁細胞或厚壁大孢子，也會產生藍黑色菌核。子囊殼球形，壁厚呈藍黑色，大小 283.2×247.2μm，子囊長棍棒狀，壁薄透明[9]。子囊孢子長橢圓形，無色，有一隔膜，也偶有 3 隔膜者，隔膜處有縊縮，大小 13.93×5.24μm。在馬鈴薯葡萄糖瓊脂上，菌絲生長快速，白色逐漸轉淡紅色，在連續照光 20-23℃下，三週後生出橘紅色孢叢，在黑暗及 28℃以上時，菌絲生長不良，亦無孢叢產生，菌落逐漸變為黏膜型(pionnote type)，呈暗紫色，產孢也顯著減少。

病徵診斷要領

稻苗期之徒長病，罹病苗常比健康苗高出 1/3～1/2 以上，病苗纖細黃綠色，葉幅變小，葉片與葉鞘之著生角加大[5]。徒長病苗在移植後大部分枯死，移植後未死之病株病徵常會暫時消失，至分櫱期又陸續再表現徒長病徵。在水稻本田，的徒長病株病徵明顯容易辨別，除稻苗期被害之病苗再顯現病徵外，亦有新病株陸續出現病徵，插秧時原有病株再顯現病徵者一般無分櫱，新病株則常有少數分櫱。本田期徒長病之病徵與稻苗期之病徵相似，病株纖細黃綠色，葉幅狹小，葉片著生角加大，病株比健株高，當陽光照射及微風吹動時，極易識別徒長病株。徒長病株之莖節處會長出不定根，稻桿維管束褐變，病菌在葉鞘內側及莖節上產生菌絲及小型分生孢子。當病株的維管束褐變蔓延到整株時，基部開始腐爛，故又名腳腐病(Foot rot)，隨之全株萎凋枯死，並產生白粉紅色的菌絲層，菌絲層上密生分生孢子[22]，偶爾可見橙色之分生孢子堆，菌絲層最後轉變爲淡灰色。當稻株間之溼度大時，常可見淡灰色的菌絲層上散生有藍黑色的小點，此即病菌之子囊殼[9,12]，子囊殼單生或叢生。徒長病株大部分在水稻開花前死亡，無法抽穗；後期感染之病株，至抽穗期無論有無明顯病徵大多能抽穗，但抽穗後病株相繼枯死，稻穗上皆爲空粒或有少數不飽滿的穀粒。

病害發生與傳播

本病菌在自然界中，有性與無性世代會同時存在，以無性世代之菌絲及孢子就可連續繁殖，不一定要經過有性世代。田間高濕環境下，病菌比較容易產生有性世代，其有性世代爲異絲生殖，必須兩個親和性菌株同時存在，方能形成子囊殼。高濕環境下，病株上之子囊孢子成熟後可自子囊殼陸續噴出；但溫度太低時，子囊孢子不能射出，而是自子囊殼之孔口泌出(Ooze)[2]。水稻徒長病之最適發病溫度，張氏綜合各方面報告及觀察田間發病情形推論，凡是適合水稻生長之溫度皆適合徒長病菌生長[10]，臺灣以往第一期稻作苗徒長病的發生機率較第二期稻作爲高，顯示，低溫似乎比較適合徒長病之發生。

稻種帶菌是徒長病的初次感染源，土壤傳播爲次要傳播途徑。根據張氏報告[10]，每顆穀粒平均帶有 4.2 個菌體之稻穀，播種後可發生 8.25 %之徒長病苗，證明污染於稻殼外之病菌亦可致病；宇氏報告[1,3]，土壤接種徒長病菌之分生孢子，當每公克土壤含 645 個時，即可引起稻苗徒長病。另外，育苗土中爲增加濾水與透氣性所混拌添加的稻殼，如未先經堆置高溫消毒處理，也容易有極高的帶菌率。稻種傳播徒長病的方式，可分爲徒長病菌上的秕粒及健穀被污染兩種方式[4,11]。病株上的秕粒內外如帶有大

量病菌，浸種催芽時，病秕長出之菌絲及孢子會感染其他稻種；健穀只有稻穀會受污染，除於本田生長期及收穫時均會被污染。本田期稻穀受子囊孢子或分生孢子污染的田間環境不同，當稻田經常維持灌水狀態時，稻株基部容易腐敗而快速枯死，病菌在高濕下容易形成有性世代，病菌以子囊孢子污染稻穀[6,9]；在比較乾燥的環境下，稻田徒長病株枯死速度率較慢，病菌不容易形成有性世代，但因病株高度超過健株，健株抽穗時，病株上的分生孢子很容易污染健穀[10]。

徒長病菌不產生厚膜孢子，所以在自然界存活時間不長。在臺灣，本菌於水田中只能存活 4 個月；稻殼如放置室內，經 6 個月後徒長病菌殘存率爲 0%，若放置於室外，帶菌率則尚有 1.5%，若混合於土壤中帶菌率爲 0.5%。顯示，室內乾燥，稻殼不利徒長病菌殘存；而於室外，因降雨潮濕，有助於病菌殘存；土壤中微生物則可能有抑制病菌殘存的效果[7]。在第一期作，於六至七月稻株成熟時，罹病株基部形成子囊殼，如遇降雨，子囊孢子即行放射，由空氣傳播至穀粒上，種子帶菌成爲是主要傳播途徑[24]。病株最後倒伏於地上，病原菌落於土中，如兩期稻作相隔時間不長，土中的接種源(病株)仍可感染插秧後的稻苗。研究證明，如每公克土中有 $1x10^4$ 或 5×10^2 菌體即可引起徒長病[19]。病菌自根部侵入進入維管束，經導管向上蔓延，同時分泌激勃素[16]，促使稻株徒長。如在秧田，稻苗徒長後可能死亡，如在本田被感染，可繼續生長，至六、七月降雨時即可形成子囊殼。

水稻徒長病防治策略與方法

一、選用健康稻種

種子帶菌是本病主要傳播途徑，筆者於 2001 年檢測臺東地區數家育苗業者所提供之稻種，結果顯示，稻種帶菌情況普遍而嚴重，有些業者使用之稻種帶菌率接近 100%（表二），當稻種帶菌率極高時，藥劑處理也無法達到完全消毒的效果，導致苗期與本田徒長病嚴重發生，業者也因此蒙受重大損失，因此，育苗業者必須維持無發病的健康稻田採種，以減少稻種帶菌；此外，應將徒長病的帶菌率納入稻種檢查的項目之一，從原原種、原種、採種至育苗的稻種，均應檢測稻種徒長病菌的帶菌率，層層嚴格把關，確保健康稻種的生產，以減少後續防治的成本及病害所造成的損失。

二、選種罹病率低的品種

筆者等在 98 年一期作，於臺東地區全面粗略調查水稻本田，發現不同栽培品種間，水稻徒長病罹病率之差異極爲顯著，其中，以高雄 139 號罹病最嚴重，高達 12～15%；

其次爲臺稉2號，罹病率達10～12%；臺稉糯5號也有7~9%罹病；花蓮20號罹病率3~5%；惟，臺東30號、臺稉9號、臺農71號、高雄145號、越光等品種，罹病率皆小於1%。高雄139號在臺東地區推廣種植已逾30年，臺稉2號則已超過20年，均屬於年代久遠的良質米品種，其於田間罹病情形普遍而嚴重，究其原因，可能是優良種苗驗證體系鬆動，致其稻種帶菌率太高，也可能是上述品種對徒長病感受性較強，但因未曾有系統地深入探討此一問題，尚無法論定確切原因。惟，現階段選擇種植田間罹病率低的品種，應是目前減少徒長病發生的可行方案。

表二、臺東地區各水稻栽培品種稻種帶菌率調查(2001年2月)

Table 2. The carrying disease rate of seed rice was investigated on main cultivar rice in Taitung area(2001,Frebruary)

地區	育苗場	品種	PCNB 培養基檢測稻種帶菌比率[a]				
			I	II	III	IV	平均
關山	陳○○	臺稉9號	3/25	6/25	4/25	6/25	19/100
關山	陳○○	高雄139號	21/25	24/25	25/25	25/25	95/100
關山	陳○○	臺稉2號	11/25	16/25	15/25	14/25	56/100
關山	黃○○	臺稉2號	9/25	8/25	9/25	8/25	34/100
池上	蔡○○	臺稉糯5號	20/25	19/25	19/25	15/25	73/100
池上	蔡○○	臺稉2號	6/25	6/25	15/25	9/25	36/100
池上	蔡○○	臺稉9號	13/25	11/25	14/25	11/25	49/100
池上	蔡○○	高雄139	10/25	17/25	7/25	6/25	40/100
關山	林○○	臺稉糯5號	25/25	25/25	25/25	24/25	99/100
關山	林○○	臺稉2號	1/25	2/25	5/25	2/25	10/100
關山	林○○	高雄139號	7/25	8/25	7/25	6/25	28/100
臺東市	王○○	臺稉糯5號	10/25	11/25	12/25	13/25	46/100
臺東市	王○○	臺稉7號	3/25	1/25	1/25	3/25	8/100
臺東市	王○○	高雄139號	2/25	6/25	4/25	8/25	20/100
鹿野	何○○	高雄139號	24/25	23/25	25/25	25/25	97/100
鹿野	何○○	臺稉9號	3/25	9/25	7/25	5/25	24/100

[a] 將稻種浸於清水中5~6天催芽，取出裂開之稻種後風乾，將其夾入PCNB選擇性培養基[(21)]上，記錄稻種長出徒長病菌的比率。

三、稻種藥劑消毒

徒長病的防治，稻種消毒也是重要的措施，迄今，正式核准的方法有 12 種，最普遍被採用的處理方式爲以 25%「撲克拉」乳劑 2,000 倍浸種 24 小時[13]，但一般育苗場及農民大多反應其效果不盡理想。爲比較現行稻種消毒方法的防病效果，並進一步開發有效的稻種消毒藥劑，俾提供經濟、安全而有效的稻種消毒方法供專業育苗場及一般農友參考採行，以減少徒長病的發生危害。筆者等於 2000~2001 年間[8]，經重複不同試驗(表三、四)後，獲致以下結論：(一) 種子帶菌的確是本病最重要的第一次感染源，而慎選健康稻種再配合有效的稻種消毒則是防治徒長病的首要措施。(二)催芽後以藥劑浸種消毒 12 小時的效果通常優於以相同藥劑先浸種 24 小時再催芽；但催芽後再浸種較容易引起藥害，試驗中催芽後浸種「撲克拉」2,000 倍及「披扶座」1,000 倍都導致稻苗輕微矮化，不過，對稻苗的生長影響不大，仍是可以接受的處理方法；催芽後以「得克利」2,000 倍浸種 12 小時，則明顯抑制稻種萌芽，不適合採行。(三)以 25%「撲克拉」乳劑 2,000 倍浸種 24 小時，目前被普遍採用，但部分育苗業者質疑其藥效，筆者等測試自臺東各地分離的徒長病菌菌株，結果顯示「撲克拉」對各菌株仍有優異的抑制效果(表五)，用於稻種消毒，「撲克拉」乳劑 2,000 倍也能顯著抑制稻苗徒長病的發生，但如種子帶菌率太高，經處理後其病苗數目仍多，防病效果未盡理想，因此，使用時建議將濃度提高到 1,000 倍，浸種 24 小時後再催芽。 (四) 20%「披扶座」可濕性粉劑 200 倍被正式核准於稻種消毒防治稻苗徒長病，經多次試驗證實，將其稀釋 1,000 倍最符合經濟有效的原則(圖二)，建議先浸種 24 小時再催芽，如不在意出苗延後 2-3 天，也可以催芽後再浸種 12 小時；80%「多得淨」混合可濕性粉劑 800 倍及 40%「免賴地」可濕性粉劑 1,000 倍正式推薦於稻種消毒，處理時均先催芽再浸藥，其中「多得淨」不但預防徒長病的效果優異，以往試驗也顯示對苗期的葉部病害有顯著的防治效果，二者都是稻種消毒時理想的選擇。(五) 以 50%「護汰寧」1,500 倍液浸漬稻種 24 小時，在多次試驗中對徒長病的防治效果都極爲優異，再測試其混合劑-62.5%「賽普護汰寧」水分散性粒劑，發現以 1,000 倍直接浸種 24 小時，或於催芽後浸種 12 小時，對徒長病的防治效果突出(圖三)，又無明顯藥害；以 25.9%「得克利」水基乳劑 2,000 倍液直接浸種 24 小時，對稻苗徒長病的防治效果也相當優異，都可應用於稻種消毒以防治稻苗徒長病(表六)。

四、拔除病株

徒長病菌在臺灣水田中能存活四個月，臺灣地區一、二期稻作間相隔時間不長，土中的接種源仍可感染插秧後的稻苗，再加上病苗帶入的病菌，導致本田期普遍發生徒長病，而病株上產生的子囊孢子或分生孢子又污染稻種，如此惡性循環，使得本病

的發生日趨嚴重。因此，欲有效遏止本病的繼續惡化，不論稻苗期或本田期發現病株，都必須隨時拔除，發病嚴重的稻田則應休耕或輪作綠肥作物至少一期，以減少土壤中之感染源。

表三、稻種消毒後徒長病罹病株數(株/育苗箱) (89 年 2 月試驗結果)[A]

Table 3. The number of Bakanae disease seedlings was counted after disinfect seed treatment.(number/seedling case)(2000, Frebruary)[A]

處　　理[A]	重　複[B]				平均[C]
	I	II	III	IV	
25%撲克拉乳劑 1000 倍	17.0	11.0	9.0	15.0	13.0 [cd]
50%護汰寧水分散性粒劑 1500 倍	3.5	5.0	6.5	7.0	5.5 [d]
62.5%賽普護汰寧水分散性粒劑 1500 倍	86.5	80	59.5	55.0	70.3 [bc]
20%披扶座可濕性粉劑 1000 倍	41.5	34	15	13.5	26 [cd]
20%披扶座可濕性粉劑 2000 倍	62.0	59.5	63.5	59.5	61.1 [bcd]
10%菲克利乳劑 2000 倍[※]	83.0	66	57.5	53.5	65 [bcd]
24.9%待克利乳劑 3000 倍	45.0	65	120	60	72.5 [bc]
80%多得淨混合可濕性粉劑 800 倍	37.0	35	12	24.5	27.1 [cd]
40%亞賜圃乳劑 1000 倍	94.5	95	129	77.5	99.0 [b]
1%鹽酸(HCl) pH1.53	444.0	493.0	320.0	412.0	417.3 [a]
不施藥對照	540.0	515.0	364.0	362.0	445.3 [a]

[A]本試驗中各處理除「多得淨」為先催芽再浸藥12小時外，都是先浸藥24小時再催芽。

[B]數值為4個育苗箱的平均發病株數(每育苗箱約5,000株稻苗)。

[C]同欄中數值右上方英文字母相同者，表示經鄧肯氏多重變域分析，在5%水準下差異不顯著。

[※] 該處理稻苗明顯矮化。

表四、稻種消毒後徒長病罹病株數(株/育苗箱) (播種後 18 天調查結果)[a]

Table 4. The number of Bakanae disease seedlings was counted after disinfect seed treatment.(number/seedling case) (Investigation result of 18 days after seeding)[a]

處　　理[A]	重　　複[B]				平均[C]
	I	II	III	IV	
25%撲克拉乳劑 2,000 倍浸 24 小時	32.0	35.5	40.0	40.0	36.9[b]
25%撲克拉乳劑 2,000 倍浸 12 小時*	9.0	12.5	10.5	8.5	10.1[de]
40%免賴地可濕性粉劑 1,000 倍浸 24 小時	26.0	29.5	22.5	25.5	25.9[c]
40%免賴地可濕性粉劑 1,000 倍浸 12 小時	9.5	18.5	15.5	14.5	14.5[d]
62.5%賽普護汰寧水分散性粒劑浸 1,000 倍浸 24 小時	11.5	10.0	4	6.0	7.9[de]
62.5%賽普護汰寧水分散性粒劑 1,000 倍浸浸 12 小時	5.5	4.5	4	4.6	4.6[e]
20%披扶座可濕性粉劑 1,000 倍浸 24 小時	14.0	13.0	12.5	19.5	14.8[d]
20%披扶座可濕性粉劑 1,000 倍浸 12 小時*	3.5	3.5	2.5	2.0	2.9[e]
80%多得淨混合可濕性粉劑 800 倍浸 12 小時	10.5	6.5	6.5	9.0	8.2[de]
25.9%得克利水基乳劑 2,000 倍浸 24 小時	2.5	7.0	1.5	2.5	3.4[e]
25.9%得克利水基乳劑 2,000 倍浸 12 小時***	—	—	—	—	—
50%待普克利乳劑 2,000 倍浸 24 小時**	6.0	5.0	3.5	3.5	4.5[e]
不處理對照	108.5	103	92	108.5	103[a]

[A] 本試驗中各處理浸 24 小時者爲先浸藥再催芽；浸 12 小時者則是催芽後再浸藥。

[B] 數值爲 5 個育苗箱的平均發病株數(每育苗箱約 5,000 株稻苗)。

[C] 同欄中數值右上方英文字母相同者，表示經鄧肯氏多重變域分析，在1%水準下差異不顯著。

*該處理稻苗輕微矮化；**該處理稻苗明顯矮化；***該處理稻種萌芽受抑制，未調查罹病稻苗數。

表五、不同徒長病菌菌株在含撲克拉之培養基上生長比較[a]

Table 5. The growth of different strain of *Gibberella fujikuroi* was compared on Prochloraz medium[a]

供試菌株[b]	徒長病菌菌絲生長直徑(mm)[c]		
	不添加藥劑	25%撲克拉EC 4,000倍	25%撲克拉EC 8,000倍
GF1	58	0	0
GF2	72	0	0
GF3	62	0	0
GF4	58	0	0
GF5	66	0	0
GF6	68	0	0
GF7	68	0	0
GF8	66	0	0
GF9	66	4.00	8.66
GF10	72	0	0
GF11	70	0	0
GF12	50	0	0
GF13	70	0	0
GF14	82	0	0

[a] 本試驗使用 PDA 培養基，於 55℃左右混入不同濃度之撲克拉，供測試徒長病菌絲生長。

[b] 徒長病菌株以 PCNB 選擇性培養基[(21)]分離自臺東地區不同來源之稻種。

[c] 生長直徑於接種 5mm 之菌絲塊後，於 28℃下 7 天後測量。

圖二、以披扶座 1,000 倍浸種(圖左)，防病效果顯著。

Fig 2. Soaking with 20% Pefurazoate WP 1,000x(left figure), result of preventing disease is apparent

圖三、以賽普護汰寧 1,000 倍浸種(圖右)，防病效果優異。

Fig 3. Soaking with 62.5% Cyprodinil + Fludioxonil WG 1,000×(right figure), result of preventing disease is apparent

表六、稻種消毒防治徒長病試驗處理項目及綜合評論

Table 6. The disinfect seed treatment events prevented Bakanae disease and comprehensive comment

編號	藥 劑 名 稱	浸藥時間 (小時)	倍數	處理方法	綜 合 評 論 [a]
1	25%撲克拉乳劑	24	2,000	浸藥後催芽	◎建議用 1,000 倍
2	25%撲克拉乳劑	12	2,000	催芽後浸藥	◎輕微藥害，可接受。
3	40%免賴地可濕性粉劑	24	1,000	浸藥後催芽	效果較差
4	40%免賴地可濕性粉劑	12	1,000	催芽後浸藥	◎建議選用
5	62.5%賽普護汰寧水分散性粒劑	24	1,000	浸藥後催芽	◎建議參考選用
6	62.5%賽普護汰寧水分散性粒劑	12	1,000	催芽後浸藥	◎建議參考選用
7	20%披扶座可濕性粉劑	24	1,000	浸藥後催芽	◎建議選用
8	20%披扶座可濕性粉劑	12	1,000	催芽後浸藥	◎輕微藥害，可接受。
9	80%多得淨混合可濕性粉劑	12	800	催芽後浸藥	◎建議選用
10	25.9%得克利水基乳劑	24	2,000	浸藥後催芽	◎建議參考選用
11	25.9%得克利水基乳劑	12	2,000	催芽後浸藥	嚴重藥害
12	50%待普克利乳劑	24	2,000	浸藥後催芽	明顯藥害
13	不處理對照	—	—	—	

[a] 爲參考本次及以往試驗結果，對該處理方法之藥效及藥害所做的綜合評論。

五、非農藥資材應用

水稻有機栽培已推廣多年，許多水稻生育期病蟲害非農藥防治法被陸續開發，稻種非農藥處理技術包括：(一)溫湯浸種：稻種之物理殺菌可先以 54℃溫水浸泡 5 分鐘，再以 56 - 57℃處理 15 分鐘，然後立即放入 2 0℃以下之冷水中 5 分鐘，可有效除滅病菌。(二)植物油：試驗結果顯示，催芽後浸泡肉桂油 667ppm＋展著劑 333ppm 混合液 4 小時，帶菌率可低於 10%[7,17]。(三)微生物農藥：施用 1×10^{10}cfu/ml 枯草桿菌 WG6-14(其他)液劑-稻種催芽後以 30 倍稀釋浸泡 8 小時，稻苗綠化期以 200 倍稀釋液均勻噴灑於稻苗箱，每隔 7 天施藥 1 次，連續 3 次[13]。(四) 抑病育苗土：稻苗徒長病抑病育苗土研發試驗結果顯示，添加 1%蚵殼粉及蓖麻粕，防治率分別爲 50%及 43%，若同時使用兩種添加物則具協力效果，其防治率達 80%[7]。(五)噴灑亞磷酸酸(亞磷酸：氫氧化鉀=1:1)稀釋 1,500 倍(667ppm)於播種後之育苗土上，預防稻苗徒長病效果穩定[7]。以上非農藥防治法，均可供水稻有機栽培農戶參酌採行。

結論與檢討

水稻徒長病近年來在全臺灣病勢日趨嚴重，田間的罹病率逐年增加，而徒長病株除造成稻穀產量損失外，對於稻田整齊劃一的美麗景觀也是一大破壞。該病 於 98 年第一期作，在花蓮、臺東主要水稻生產專業區發生特別嚴重，倍受各界的關注，筆者特於 98 年 4 月初發布新聞並陸續舉辦講習、觀摩，提醒農業相關單位及稻農重視，且提出有效的防治方法，供育苗業者及農友參採。本文謹針對本病未來研究方向及防治策略，提供下列意見，期能加強探討其發生生態，繼續研發應用整合性防治技術。

一、研發病菌偵測技術，建構健康稻種生產體系

許多農友反映及經田間觀察，多處原種採種田，在水稻生育期即可見徒長病嚴重發生，雖均於採種田田間檢查前將病株拔除，但並未能完全杜絕病株上產生的孢子感染或污染健株的稻穀，導致稻種帶菌率居高不下，因此，建立健康稻種生產體系，是防治本病的重要關鍵。爲達成此目的，須研發靈敏、快速而準確的病菌偵測技術，建立標準偵測流程，用於檢測稻種、育苗土及本田土壤中之病菌，以確保原原種田、原種田、採種田皆無徒長病發生。

二、病菌抗藥性問題之探討及新技術研發

筆者查詢臺東地區的育苗業者，發現徒長病稻種消毒藥劑主要爲 25%「撲克拉」乳劑，此單一藥劑應用於浸種消毒已連續二、三十年，迄今，原本該藥劑核准使用倍數爲 2,000，然據瞭解，一般業者皆已自行降低稀釋倍數至 500～1000 倍，而仍無法達到稻種完全消毒的目標，病菌已產生抗藥性的可能性相當高，該問題亟待深入探討；此外，植物保護手冊中，唯一核准用於防治水稻徒長病之化學藥劑爲 20%「披扶座」可濕性粉劑，筆者試驗結果亦顯示，此藥劑對徒長病具有優異的防治效果，但該藥劑因日本總公司停產，臺灣登記廠商被迫停售，目前農友可用於稻種消毒之藥劑種類甚爲匱乏，農政機關應鼓勵支持農藥廠商及研究人員加速開發安全而有效的新防治藥劑，並主動輔導優良藥劑申請登記，以應稻種消毒之需求；而其他有效之稻種非農藥處理技術亦亟待積極研發。

三、田間病害發生生態探討及管理策略擬訂

由於環保議題日益受到重視，稻田禁止焚燒稻草規定已實施多年，導致徒長病株無法從田間有效清除，病菌也可在前期水稻殘體上大量繁殖，造成田間土壤感染源密度逐年累積增加，健康稻苗於本田遭受感染的情形普遍發生；然而迄今，徒長病菌田

間密度與罹病率之相關性及病菌於水田消長、殘存的研究甚少，有必要加強此問題相關的研究，並據以擬訂稻田管理策略，以減少本田期徒長病的發生。

四、選育優良抗病品種

臺灣水稻在農業研究人員的努力下，已選育出許多各具特色的優良品種，品種選育過程中，並已將對稻熱病、紋枯病、白葉枯病、縞葉枯病、褐飛蝨等重要病蟲害之抗感性，列爲重要的檢測項目。惟迄今，徒長病尚未被納入其中，致各水稻品種對徒長病之抗感性如何，均無資料可考。鑒於本病發生日益嚴重，有必要儘速建立相關資料，並將抗徒長病特性列爲今後育種的目標。

引用文獻

1. 宇國勝。1975。影響稻苗徒長病發生因子之研究。國立中興大學植病研究所第五屆畢業碩士論文。
2. 宇國勝、孫守恭。1976。稻苗徒長病菌子囊孢子之逸散與稻種污染。植保會刊 18：319-32。
3. 宇國勝、孫守恭。1977。稻苗徒長病傳染潛勢及發病潛伏期之研究。植保會刊 19：245-250。
4. 江瑞拱。1999。秧苗徒長病之傳播與防治。臺東區農業專訓 29：4-5。
5. 孫守恭。1978。稻苗徒長病菌(*Gibberella fujikuroi*)之生態及生殖。pp.303-317。
6. 孫守恭、黃振文 編。1996。臺灣植物鐮胞菌病害。世維出版社。臺中。170 頁 邱人璋編水稻病蟲害：生態學與流行學。中國農村復興聯合委員會出版。
7. 陳任芳、楊大吉、陳哲民。2006。水稻苗徒長病非農藥防治法試驗。花蓮區農業改良場研究彙報 24：1-13。
8. 黃　昌。2000。稻種消毒防治徒長病。臺東區農業專訓 32：4-6。
9. 張義璋。1973。稻苗徒長病菌有性世代及生態之研究。國立中興大學植病研究所第三屆畢業碩士論文。
10. 張義璋。1984 。稻苗徒長病之傳播途徑。pp.26-37。臺灣省政府農林廳編印。稻種消毒研討會專刊。
11. 張義璋。2003。水稻徒長病。植物保護圖鑑系列 8—水稻保護，第 256-257 頁。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局出版。臺北。
12. 張義璋、孫守恭。1975。稻苗徒長病病原菌之有性世代。中華農業研究 24：11-20。
13. 費雯綺、王喻其 編。2007。植物保護手冊。行政院農業委員會農業藥物毒物試驗

所。臺中。884 頁。

14. 鄭隨和。2007。有機水稻病害管理。桃園區農業改良場專訊。62：37-39
15. 齋伴男。1970。水稻馬鹿苗病と採種對策。今月の農藥 14(10):18-20。
16. Desjardins, A. E., Manadhar, H. K., Plattner, R. D., Manadher, G. G., Poling, S. M., and Maragos, C. M. 2000. *Fusarium* species from Nepalese rice and production of mycotoxins and gibberellic acid by selected species. Appl. Environ. Microbiol. 66: 1020–1025.
17. Hasan, H. A. 1994. Inhibition of mycoflora and zearalenone on rice by selected essential oils. Pakistan J. Sci. & Industrial Res. 37(11):471-473.
18. Holliday, P. 1980. Fungus Disease of Tropical Crops. Cambridge University Press. Cambridge, London, New York, New Rochelle, Melbourne, Sydner, 607pp.
19. Mandal, D. N. Sujata Chaudhuri. 1988. Survivality of *Fusarium moniliforme* Sheld. under different moisture regimes and soil conditions. International J. Tropical Plant Dis. 6(2):201-206.
20. Mew, T. W., and Gonzales, P. 2002. A handbook of rice seedborne fungi. Int. Rice Res. Inst. Manila, Philippines. 83 pp.
21. Nash, S. M., and Snyder, W. C. 1962. Quantitative estimations by plate counts of propagules of the bean root rot Fusarium in field soils. Phytopathology 52: 567-572.
22. Nyvall, R., and Kommedahl, T. 1966. Thickened hyphae as a survival mechanism in *Fusarium moniliforme*.(abs.) Phytopathology. 56:893.
23. Ou, S. H. 1984. Rice Diseases. 2nd ed. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey England. p.262-272.
24. Sun, S. K. 1975. The disease cycle of rice bakanae disease in Taiwan. Proceed. Natl' Sci. Council 8(2):245-256.
25. Sawada, K. 1919. Descriptive catalogue of Formosan fungi. Part Ⅰ Special Rep. No. 19, Agric. Exp. Stn. Formosa. 695p.

Abstract

Huang, T. C. and Chu, S. C. 2009. The occurrence and control of rice bakanae disease in Taiwan. pp. 29-43. *In:* Proceedings of Symposium on Achievements and Perspectives of Rice Protection in Taiwan. 160 pp. (Taitung District Agricultural Research and Extension Station, Taiwan, ROC.)

The bakanae disease of rice plants caused by *Gibberella fujikuroi* has commonly occurred in Taiwan in recent years, particularly in the districts of Taitung and Hualien. The average disease severity in rice paddy of Kaohsiung NO.139 and Taikeng No.2, the most widely planted cultivars in these areas, was higher than 10%. Seed-borne pathogens had proved to be the essential primary inoculum source. The infestation of rice seeds by the pathogen was common and serious according to the investigation conducted in Taitung area in 2001. Different seed treatment measures were tested to compare the efficacy for controlling bakanae and phytotoxocity on rice seedlings. The results of various trials showed that soaking the intact rice seeds with 25% Prochloraz EC 1000×, 62.5% Cyprodinil + Fludioxonil WG 1,000×, 25.9% Tebuconazole EW 2,000× or 20% Pefurazoate WP 1,000× for 24 hrs significantly reduced the occurrence of the disease without phytotoxicity. Soaking the splitting seeds before germination stage with 40% Benomyl +Thiram WP 1,000×, 80% Thiophanate +Thiram mixtureWP 800×, or 62.5% Cyprodinil + Fludioxonil WP 1,000× for 12 hrs also resulted in satisfactory efficacy. For the prevention of worsening adverse effect of bakanae disease on rice production of Taiwan, the following aspects are recommended to be implemented: strengthening the research of the ecology of the pathogen and disease, developing detection technique for seeds-borne and soil-borne pathogens, establishing an effective seed certification system to ensure the production of healthy rice seeds, and breeding of high quality rice cultivars resistant to bakanae disease.

(Key words: rice bakanae disease, seed treatment, Prochloraz, Cyprodinil + Fludioxonil, Tebuconazole, Pefurazoate, Benomyl +Thiram, Thiophanate +Thiram)

台灣水稻細菌性病害之發生與防治

陳純葳[1]、許秀惠[1*]

[1]台中縣霧峰鄉 農業試驗所 植物病理組

摘 要

陳純葳、許秀惠. 2009. 台灣水稻細菌性病害之發生與防治. 台灣水稻保護成果及新展望研討會專刊，第 45-64 頁. 倪蕙芳、楊宏仁編. 160 頁. 農業試驗所印。

我國水稻細菌病害以白葉枯病、細菌性穀枯病及細菌性條斑病爲主。嚴重時均可造成重大經濟損失。白葉枯病有三種病徵型，分別是葉枯型，急性萎凋型及淡黃化型。白葉枯病菌可由傷口或自然開口侵入，高溫多濕，高氮肥的環境下易發生，造成葉片枯萎，植株死亡，進而影響水稻產量與品質，白葉枯病菌可在稻樁、再生稻、部分野生稻與禾本科雜草上存活，也可在種子上存活，再經由風、雨或人爲機械傳播。細菌性穀枯病主要爲害穀粒，高溫多濕條件下易發病，嚴重者可造成一半以上或全穗穀粒枯死，穀枯病可藉由風、雨和稻種傳播，在台灣中南部二期稻作抽穗期發生較普遍。細菌性條斑病會在稻葉上產生水浸狀半透明病斑，受葉脈限制而成條斑狀。病菌由自然開口或傷口侵入，在高溫多濕、高氮肥的環境下易發生，影響水稻產量與品質，病原菌可在病株殘體、帶病種子與野生稻上存活，可經由雨水、灌溉水、昆蟲、農事操作、葉片接觸和帶病之野生稻作近距離傳播，而帶病的種子作可作遠距離傳播。針對以上三種細菌性病害的防治方法歸整如下：(1)抗病育種，(2)稻種消毒，(3)田間管理，(4)藥劑防治及，(5)非農藥防治等。

（關鍵詞：水稻，白葉枯病，細菌性穀枯病，細菌性條斑病，生態，防治。）

---

*通訊作者。E-mail: shhseu@tari.gov.tw

緒　言

依據 2009 年國際糧農組織 Rice Market Monitor 的資料[53]，稻米爲全世界最重要糧食作物，2008 年全球稻的栽培面積約爲 1.6 億公頃，稻米生產約爲 6.8 億噸，主要的生產地區包括亞洲 (以中國，印度，印尼，緬甸，越南，泰國，菲律賓，日本，孟加拉等國家爲主)、南美洲 (以巴西爲主)、中美洲 (7 個國家種植，但都是零星栽培)、美國、非洲、歐洲的烏克蘭及澳洲等。

在台灣，水稻也是最重要的糧食作物，據統計年報[5]，2007 年水稻栽培面積約爲 260,116 公頃，總產量爲 1,363,458 公噸，其中第一期作栽培面積爲 155,459 公頃，產量 963,632 公噸，第二期作栽培面積爲 104,657 公頃，產量 399,826 公噸，兩期作之耕作面積與產量皆以稉稻爲最多，秈稻次之。

自日據時代以來，台灣爲追求高產量與高品質的水稻品種，研究人員不斷進行育種改良工作，先後命名登記稻品種已有 282 種，其中約 177 種被保存下來，包括稉稻 135 種、稉 (圓) 糯 8 種、秈稻 21 種、秈 (長) 糯 4 種和陸稻 7 種[14]等。而台灣目前推廣的良質米品種多達 14 種，有台稉 8 號、台稉 14 號、台稉 16 號、台稉 2 號、台稉 5 號、高雄 139 號、台稉 9 號、台農 71 號、桃園 1 號、台東 30 號、台南 11 號、高雄 145 號、台中秈 10 號、越光等，其中以台南 11 號栽培面積最廣[2]。

由於台灣屬高溫多濕的海島型亞熱帶氣候，病蟲害繁多，每年水稻因爲病害造成的損失約 6%[11]。根據 2002 年「台灣植物病害名彙」[8]所述，台灣目前已記載有 80 種病原，其中絕大多數爲真菌，少部分爲細菌，有記載的水稻栽培期細菌性病害有水稻白葉枯病，細菌性穀枯病及細菌性條斑病 (2007 年發現的新病害) 等三種，這些病害在環境適合時均會造成嚴重的損失。1967 年 Srivastava 報告指出印度的水稻因爲白葉枯病造成產量損失達 6–60%[67, 76, 77]，另在日本有全產量減少 10% 之紀錄[26, 64]，而菲律賓稻罹患白葉枯病嚴重受害區可達 30% 之產量損失[26, 71, 72]。又 Naik 等人[65, 67]曾報導感染細菌性條斑病的感病水稻品種千粒重可損失 28.6 - 32.3%，中國大陸報告細菌性條斑病在中南地區七個省造成爲害，發病輕微的田造成約減產 10%，發病嚴重的田造成約減產 20–30%，甚至高達 60%以上[3]。可見細菌性病害對水稻生產頗具威脅性，近年來氣候變遷，細菌性病害未來對水稻生產造成的嚴重性是不容忽視。

以下僅針對此三種細菌性病害的病徵，發生生態與防治介紹如下。

白葉枯病 (Bacterial leaf blight)

病原菌：*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Ishiyama) Swings et al. 1990

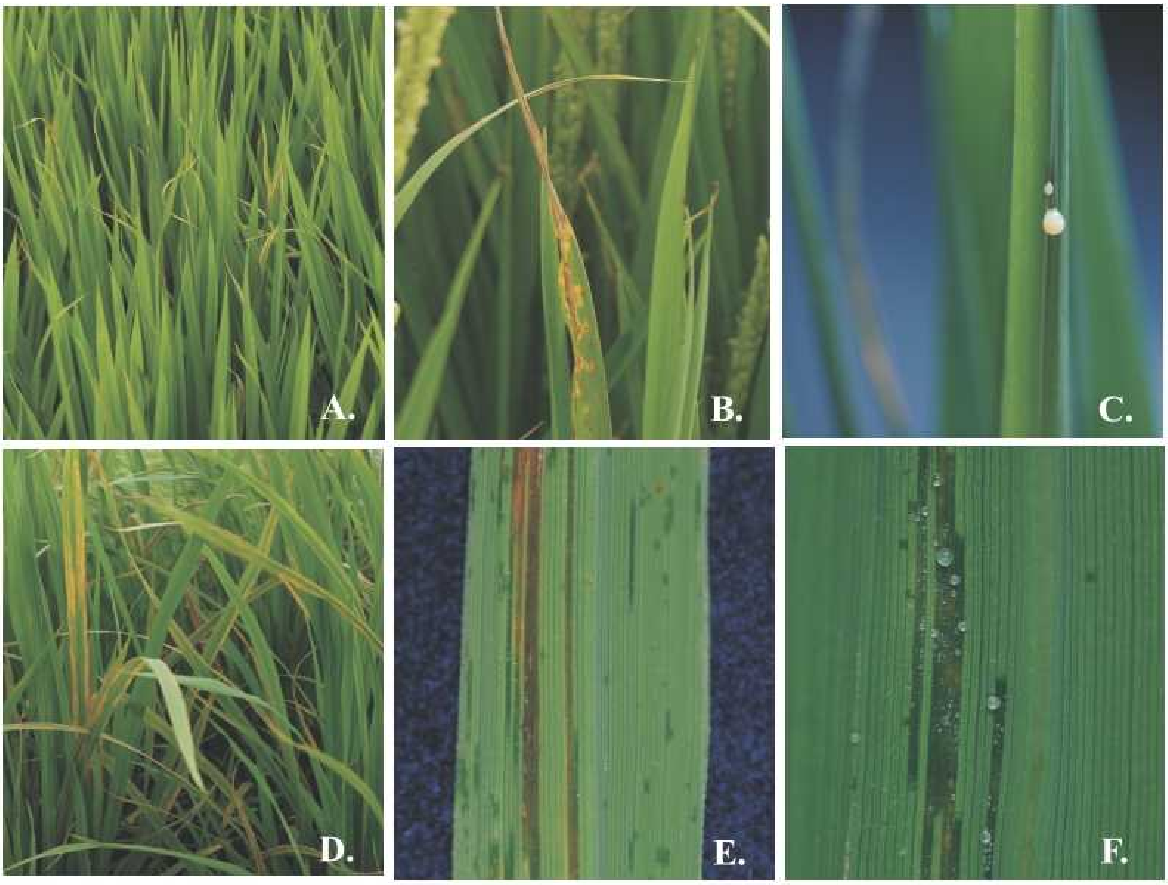
水稻白葉枯病可造成三種病徵型，包括典型葉枯病徵 (leaf blight)、急性萎凋型病徵 (Kresek) 和淡黃化型病徵 (pale yellow) 等(26, 56, 76)。葉枯型白葉枯病最早在 1884 年發生於日本福岡地區(59, 80)，之後陸續在亞洲各國、非洲 (主要在西非) 與南美洲地區(26, 66, 67)發現；急性萎凋型白葉枯病最初紀錄發生在印尼 (1950 年)(74)，淡黃化型白葉枯病則是 1964 年在菲律賓首先發現(56)。急性萎凋型及淡黃化型兩種病徵主要發生在熱帶地區。

在台灣白葉枯病最早紀錄是 1951 年橋岡在日本所做簡單報導(59)，但直至 1960 年開始推廣台中在來 1 號及以其作親本所育成的水稻品種後，白葉枯病才逐漸變成爲台灣水稻上的重要的病害。1985 年因爲白葉枯病突然在第二期稻大面積發生，受害面積不但高達 42,845 公頃，平均罹病莖數率爲 26%，而且發生地區遍及全台各地，從此白葉枯病每年都嚴重發生，1989 年第一期稻受害面積達 13,355 公頃，同年第二期稻受害面積更高達 45,017 公頃(26, 60)。1974 年，因推廣嘉農秈 8 號和嘉農秈 11 號，而使急性萎凋型 (Kresek) 病徵首次在台灣田間出現，但隨這兩個品種停止栽培後，此病徵型也很少再發生 (26, 60)，謝指出苗期、感病品種、高菌量和高溫等是造成此病徵型之重要因子(23)。1997 年在彰化縣大村及鄰近鄉鎮地區第二期作的台中秈 10 號水稻上發現淡黃化型 (pale yellow) 病徵，隨後 2000 年在宜蘭地區第一期作稻也發現淡黃化型病徵，在中部地區第二期稻則普遍發生(26, 27, 28)，謝等人篩選 53 個推廣品種中僅少數品種會出現淡黃化型病徵，此病徵之顯現與病原菌菌株致病力及稻品種之抗感病性有極大關係(28)。

病　徵

病害在田間通常發生於分蘗盛期，有時則在苗期就可發現病徵，主要爲害葉片或葉鞘。水稻於苗期遭受感染時，首先在下位葉葉緣出現水浸狀小斑點，高濕時斑點上出現菌泥，病斑延長呈枯黃色，最後病葉枯萎(26, 55) (圖一 A)。在本田期的病徵可以分爲典型葉枯型 (leaf blight)、急性萎凋型 (Kresek) 和淡黃化型 (pale yellow) 三種型態，主要常見之病徵爲典型葉枯病徵，本田期水稻在插秧後 3 - 4 星期開始出現病徵，而以分蘗盛期出現較多，常在離葉尖數公分處的葉緣出現水浸狀小斑，然後逐漸延長而變成黃或枯黃色 (圖一 B)，而在健全組織或病斑之間有一狹小水浸狀帶，這些病斑常沿一邊或兩邊葉緣往中肋蔓延，最後蔓延至葉鞘，黃色病斑變成白或灰白色，並出現很多大小不一的黑斑，有時菌泥 (ooze) 會由病斑溢出 (圖一 C)，菌泥乾燥呈黃色小

球型，直徑約 1.22 公釐，容易由病斑上脫落。在高氮肥地區種植的極感病秈稻品種，遇適當發病環境就看不到上述病徵，當水浸狀和暗綠色病斑出現不久後，罹病葉片即向內捲，病斑迅速往下延伸，而上端的葉片被害部份呈灰白色萎凋，有黏狀菌泥溢出，稱爲急性型的葉枯型病徵。葉鞘上病徵主要由葉片往下延伸，最初呈黃綠或灰綠色條斑，再轉變成黃白色，在嚴重感染株整個葉鞘都褪色，枯萎，病株之根系發育不良，植株矮小，稔實率很低(26, 64, 66, 67, 76)。



圖一、稻白葉枯病典型葉枯病徵（A，B，C）與細菌性條斑病（D，E，F）的病徵。
Fig. 1. The symptoms of bacterial leaf blight (A, B, C) and bacterial leaf streak (D, E, F).

第二種爲急性萎凋型病徵：受感染之幼苗外葉捲起，萎凋並成灰綠到淡褐或灰褐色，植株明顯矮小，近地際處有些微腐敗 (圖二 A，B)，用手壓擠可感覺到黏性黃色菌泥，病株有的整株由地際處斷開，而漂浮在水面，此型病徵偶而出現在成株上，大都在孕穗或開花期，數條大白色斑紋出現在劍葉，往下延伸至葉鞘，幼穗萎凋成白色，最後整株水稻枯死(26, 56, 66, 67, 76)。

第三種則爲淡黃化型病徵：主要發生於熱帶水稻栽培區，於插秧和分櫱期感染時才容易產生淡黃化型病徵，徵狀和缺鐵類似，新葉呈淡黃色 (圖二 D)，然後轉爲黃褐色，最後萎凋(26, 27, 56, 66, 67, 76) (圖二 C)。

圖二、稻白葉枯病的急性萎凋型（A，B）與淡黃化型（C，D）病徵。

Fig. 2. The “kresek” (A, B) and pale-yellow (C, D) symptoms of bacterial leaf blight of rice.

發生生態

水稻白葉枯病為一種系統性病害，侵入途徑為傷口或自然開口，侵入後病原細菌經細胞間隙進入維管束繁殖並擴散，在熱帶地區幼苗可能經由葉片或根部之傷口或水孔侵入而成系統性感染[66, 76]。水稻白葉枯病發生於溫帶、亞熱帶及熱帶，在溫帶地區病害只發生在高溫季節，當溫度 25 – 30 ℃時病害發生嚴重，17 ℃則很少發生；熱帶地區則整年皆可發生。高溫多雨可增加病害的嚴重性，若雨水淹沒稻田則病害發生更為嚴重[11, 25, 26, 54, 67]；分蘗盛期如遇颱風挾帶高雨量則常常造成病害流行[55, 76]，高溫和高濕有利病菌由病組織內溢出，而高雨量及強風有助病菌之傳播並造成傷口提供病菌侵入的管道。行株距太窄有利水稻生長早期就發生病害；高氮肥會降低水稻對病害之抗性[59, 67, 76]。謝等人[27]發現早期感染才容易產生淡黃化型病徵，至孕穗期感染即不顯現該病徵，且不論在第一期作較低溫或第二期作較高溫的情形下，插秧時浸根接種會引起水稻台中秈 10 號幼苗產生 kresek 病徵，成株則出現淡黃化型病徵，推論高溫並非台灣急性萎凋型及淡黃化型病徵發生之必要因子[27]，此與以往文獻所載高溫較易發病之結果有異[23, 56, 67]，並認為與菌株、稻品種、感染時期及感染部位等因子有關[27, 28]。

白葉枯病菌如同其他 *Xanthomonas* 屬病原細菌在土壤中存活不長，其在土壤內之存活受土壤含水量及溫度之影響，淹水土中存活時間比在含水 20%的土壤中爲短；溫度 30℃存活時間爲 4 - 8 天，20 ℃則可存活 32 天[11, 61]。白葉枯病菌可在稻椿、再生稻、部分野生稻與禾本科雜草內存活，這些初次感染源會隨著灌溉水爲害健康的水稻[11, 25, 66, 67, 76]。病菌也可在種子上存活[25, 62]，主要存在於稻穀及胚芽上，不在胚乳上，存活時間受環境影響甚大，尤其溫度與溼度爲主要因子，但至今尚無直接證據顯示用帶菌種子播種會產生病株，一般認爲白葉枯病菌經種子傳播並不重要[25, 67, 76]。農友之作業習慣也是一個影響因子，露水未乾前下田工作將成爲傳播工具[11]，此病害在台灣已成爲一種流行病[9, 11]。

抗病育種篩選

防治細菌性病害最有效的方法爲栽種抗病品種。自 1974 年第二期作中南部水稻急性萎凋型白葉枯病大發生後，台灣開始由台中區農業改良場負責水稻抗白葉枯病的檢定工作，但至目前爲止尚未有強抗性的水稻推廣品種推出。1970 年，簡等人[29]指出台灣秈稻品種對白葉枯病之罹病度較粳稻爲高。白葉枯病菌存在不同的生理小種 [63, 66]，進而影響抗病育種的結果。簡與謝利用日本和菲律賓的判別品種難以測定台灣白葉枯病菌株之分羣，可能因爲日本型和印度型二種水稻在台灣均有種植，且粳稻很多品種均具有秈型的血統，導致栽培品種較複雜，引起病菌之變異也易趨於複雜，建議各地區宜分別培育適合當地的抗病品種[32]。謝曾指出台灣水稻白葉枯病嚴重發生，是因爲台灣栽培之品種對白葉枯病普遍缺少抗病基因[24]，今後水稻育種應有計畫性地把已鑑定出之抗病基因導入，並種植於常發病的地區。目前全世界已發現之抗白葉枯病的水稻基因有 29 種[66]，在台灣，謝 1991 年報告 IR20 (具有 *Xa-4* 基因)、IR1545-339 (具有 *xa-5* 基因)、DV 85 (具有 *Xa-7* 基因) 及台灣的高雄秈 7 號 (抗病基因未知) 等四個品種較具抗性，當時台灣存在之病菌都無法侵害具有這三種基因之水稻品種[60]，張與謝 1999 年檢測國內外稻品種對台灣白葉枯病之抗性，發現台灣大部份菌株之致病力甚強，所以台灣早期栽種之秈稻品種均呈極感病，所篩選的 111 個稻品系中只有 15 個秈稻品系的抗病性較強，這 15 個抗病性較強的品種系包含 IR20 與 IR1545-339 二個品種系[9]。近年來，農試所以不同感染力之白葉枯病菌株接種台農 67 號的突變品系 (SA lines) 及 26 個含有已知 *Xa* 抗性基因的近同源系 (IRBB line)，發現以 IRBB7 (*Xa-7*) 之抗病幅度爲最大 (93.4%)，IRBB10 則呈感病性[20]，而台農 67 號突變品系中，SA 510、SA 511 和 SA 1210 等 3 個突變品系同時對白葉枯病和稻熱病具強抗病性[21]，可以做爲水稻育種親本之參考 (表一)。

表一、抗台灣白葉枯病之水稻品種 [9, 20, 21]

Table 1. Rice varieties resistance to bacterial leaf blight in Taiwan

水稻品種	抗病基因	備註	水稻品種	抗病基因	備註
B5354-5D-MR-1		IRRI 品種	IRBB 203		IRRI 品種
IR20	*Xa-4*	IRRI 品種	IRBB 212		IRRI 品種
IR20'	*Xa-4*	IRRI 品種	Malagkit songsong	*Xa-3*	IRRI 品種
IR22	*Xa-4*	IRRI 品種	SA 423		TN67 誘變品系
IR26'		IRRI 品種	SA 510		TN67 誘變品系 亦抗稻熱病
IR28	$Xa\text{-}1^K$ $Xa\text{-}12^K$	IRRI 品種	SA 511		TN67 誘變品系 亦抗稻熱病
IR29	$Xa\text{-}1^K$ $Xa\text{-}12^K$	IRRI 品種	SA 804		TN67 誘變品系
IR30	$Xa\text{-}1^K$ $Xa\text{-}12^K$	IRRI 品種	SA 1079		TN67 誘變品系
IR1514A		IRRI 品種	SA 1210		TN67 誘變品系 亦抗稻熱病
IR1545-339	*xa-5*	IRRI 品種	SA 1326		TN67 誘變品系
IR4442-46-3-3-3		IRRI 品種	SA 1416		TN67 誘變品系
IR22082-41-2		IRRI 品種	SA 2099		TN67 誘變品系
IRBB 5	*xa-5*	IRRI 品種	臺農秈 19 號		台灣品種
IRBB 7	*Xa-7*	IRRI 品種	嘉農秈 6 號		台灣品種
IRBB 103		IRRI 品種			

防治對策

防治水稻白葉枯病的方法歸整如下[11, 25, 26, 66, 76]：(1) 栽種抗病品種爲最有效之防治方法，經台中改良場檢定，對白葉枯病具有抗性 (R) 或極抗性 (HR) 之台灣水稻品種有台中秈糯 1 號、台南 5 號、台南 6 號、台稉 7 號、高雄 139 號、高雄 141 號和嘉南 8 號等 7 種，其中只有高雄 139 號屬於目前的良質米推廣品種[2]，仍需繼續培育出更多的抗病品種供農民種植。(2) 於常發病地區及風大地區避免種植感病品種。(3) 56 ℃溫湯處理 30 分鐘消毒稻種。(4) 勿用手拔秧苗或剪除秧葉尖，以避免病原菌由傷口侵入。(5) 避免行株距太窄，造成田間微氣候的溼度過高。(6) 避免使用過多氮素肥料。(7) 清除田間雜草。(8) 雨後或晨露未乾前避免進入稻田，以減少人爲傳播病原菌。(9) 發病稻田於收穫後將稻樁燒毀，然後將稻田翻犁，並連續浸水二週，降低下一期水稻感染源。(10) 拮抗菌：已有報導指出可以利用 *Pseudomonas fluorescens* 與 *P. putida*

V14i 來防治白葉枯病菌[66]，在台灣也有學者利用枯草桿菌與放射線菌來防治，並可增加水稻孕穗數，但在其他農藝性狀上無顯著差異[6]。(11) 植物抽出物防治：本實驗室亦曾利用 10 種植物油，以無患子當乳化劑，在 Wakimoto's 培養基平板上測試對稻白葉枯病菌之抑菌作用，初步結果以肉桂油、丁香油、尤加利油及香茅油之抑菌效果較佳。(12) 藥劑防治：利用 10%克枯爛可濕性粉劑 (Techlofthalam)、10%鏈四環黴素水溶性粉劑 (Streptomycin + Tetracycline)和 6%撲殺熱粒劑 (Porbenazole) [18, 26]來防治田間白葉枯病。於 1950 年代開始，不斷有學者研發適合防治白葉枯病的化學藥劑，然至今化學防治在熱帶亞洲地區的成效不大[66]。

細菌性穀枯病 (Bacterial grain rot)

病原菌：*Burkholderia glumae* (Kurita & Tabei) Urakami, et al. 1994

稻細菌性穀枯病首先由後藤於 1955 年秋季在日本福岡縣發現[39]，並於 1956 年定名為「稻穀枯性細菌病」，但當時未將病原菌訂名，直至 1967 年，栗田及田部完成病菌生理特性試驗，認為係一新種並訂名為 *Pseudomonas glumae* Kurita & Tabei[43]。隨後 Urakami 等人對穀枯病菌進行生化及核酸比對，1994 年將病原菌更名為 *Burkholderia glumae* (Kurita & Tabei) Urakami, T. et al.[79]。此病害主要發生於亞洲地區[10, 30, 39, 42, 49]，台灣則在 1982 年第二期作於屏東縣南州鄉首次發現 [30]，隨後陸續在台灣各地發現，但各地發生面積並無正式統計報告。簡及張 1983 年在屏東地區調查，發現第一期作發病較少，發病田之被害穗率僅為 0.1 - 1.0%，而第二期作發病則頗為普遍，幾乎每田皆有發生，發病田之被害穗呈零星散佈時，被害穗率約為 0.1 - 5.0%，而每一被害穗之罹病穀粒為 10 – 20 粒，但少數被害穗有一半以上之穀粒枯死[30, 31]；如果被害穗在田間呈聚集狀分布時，每一聚集點大小約 1 – 60 叢，其被害穗率可高達 30%，每一被害病穗亦較為嚴重，一半以上或全穗穀粒均枯死[30, 31]。植松等人[44]指出穀枯菌亦會引起秧苗腐敗，在日本又稱為秧苗腐敗症，發生甚為嚴重，但台灣至今仍未有直接證明會引起秧苗腐敗。

病　徵

穀枯病主要發生於水稻乳熟期。水稻抽穗後，被害穀粒外穎由底部開始病變，初呈蒼白色似失水狀萎凋，漸變為灰白色或淡黃色至深褐色，內外穎之先端或基部變紫褐色，護穎呈暗紫褐色，外穎上之病變部分與健全部份界限不明顯，穗軸及枝梗則健全呈綠色 (圖三 B，C)。開花前被感染之罹病穀多呈不稔，開花後被感染之罹病穀內糙米由胚乳基部病變呈灰白色，或轉為黃褐色，患部與健全部界限明顯常呈深褐色帶狀，糙米終呈萎凋畸形 (圖三 C)。一般被害稻穗之病穀粒約為 10 – 20 粒，但發病激烈之

稻穗則有一半以上之穀粒枯死，被害嚴重之稻穗呈直立狀而不易彎曲[30, 37, 39] (圖三 A)。水稻葉鞘受昆蟲刺吸或咬嚼而有傷口產生時，病菌會感染葉鞘，被害組織首先產生水浸狀病變，隨之轉為黃褐色，再轉為中間灰褐色外緣深褐色之病斑，病斑會蔓延至整個葉鞘 (圖三 D)。不過，在田間很少見到葉鞘被穀枯病菌危害。水稻孕穗初、中期時，劍葉的葉鞘被感染，將同時危害稻穗，導致全穗穀粒枯萎或抽穗不良。稻細菌性穀枯病發病田，水稻葉舌亦常被病菌危害而病變，只是在田間並不易察覺劍葉的葉舌是否有被害[10, 39]。

穀枯病菌藉稻種傳播時，可於育苗箱中引起秧苗腐敗症。病菌感染秧苗後子葉褐色病變，並停止生長或緩慢生長而逐漸萎凋。後期發病者均由心葉基部腐敗枯萎，根部亦隨之腐敗，終至死亡[10, 44]。

圖三、稻細菌性穀枯病在穀粒（A，B，C）與葉鞘（D)上之病徵。(張義璋先生)
Fig. 3. The symptoms of bacterial grain rot on grains (A, B, C), and sheath (D) of rice

發生生態

細菌性穀枯病之發生溫度在 24 – 35 ℃之間，以 30 – 35 ℃最適合發病。抽穗前後氣候，日溫在 22 – 23 ℃以上，則細菌性穀枯病增加。稻抽穗前後下雨則有助病害之發生，且下雨時間及頻度比雨量之影響爲大[11, 36, 37, 45, 47]。張表示台灣第一期稻作抽穗期，雖然溼度夠高，但大部份地區的溫度皆不夠高，尤其日最低溫度 (夜溫) 太低，故病害發生較少。中南部第二期稻作之抽穗期氣候，符合上述高溫多濕之條件，因而病害發生較普遍[10, 11]。簡與張[31]表示有傷痍情形下，穀枯病菌可爲害葉鞘組織，無傷痍 (噴霧接種) 則不會感染葉鞘組織，僅部份劍葉的葉舌被感染產生褐變，但稻穗則發病率高，此高發病率與後藤[38]報告結果相似，認爲葉舌先被感染再傳給稻穗爲主要原因。穀枯病菌可經由稻種傳播[37, 38]，甚少經由土壤傳播。帶菌稻種在苗期會引起苗腐敗枯死。稻種經次氯酸鈉溶液消毒後，再人工接種稻細菌性穀枯病菌，可得嚴重之苗腐敗症，但其發病程度受土壤中之微生物相影響甚大，未滅菌土壤或添加腐生菌則穀枯病發生輕微或不發病。穀枯病原細菌引起之苗腐敗病，在日本甚爲普遍而且嚴重，但台灣並不嚴重，可能與微生物相有關[10, 11]。

抗病育種篩選

1985 年茂木表示在日本尚無強抗病品種可供栽培[41]。1987 年簡與張測試台灣 22 種推廣品種，以台南 6 號最爲感病，新竹糯 4 號和台東 27 號次之，高雄秈 7 號最爲抗病[31]。

防治對策

防治穀枯病的方法包括[10, , 11, 37, 40]：(1) 盡量避免採用發病田之稻穀粒作下一期之稻種用。(2) 浸種前利用硫酸銨水溶液 (稉稻種採用比重 1.13，秈稻種採用 1.08) 來水選健穀，去除病秕。(3) 稻種消毒：採用 60 ℃、10 分鐘的溫湯消毒種子 [48]。(4) 日本亦採用拮抗細菌 *Burkholderia* sp. CAB-02 或 *Trichomonas asperellum* SKT-1 孢子懸浮液處理稻種，可有效防治苗期細菌性穀枯病 [35, 46]。(5) 盡量避免出穗前施用氮肥。(6) 藥劑防治：在台灣藥劑防治目前只推薦使用 2%嘉賜黴素 (Kasugamycin)[18]，用來防治田間穀枯病的發生，另外，施藥防治白葉枯病時對穀枯病也有防治效果。

細菌性條斑病 (Bacterial leaf streak)

病原菌：*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* (Fang et al.) Swings et al. 1990

水稻細菌性條斑病 (Bacterial leaf streak)，早在 1918 年時即在菲律賓有文獻報導此病害的病徵，但當時尚未鑑定病原菌 [73]，直到 1957 年大陸學者方等人將此病害正式命名爲細菌性條斑病，命名病原菌爲 *Xanthomonas oryzicola*[52]。條斑病主要發生於菲律賓、中國南方地區、泰國、馬來西亞、印度、越南、印尼、西非部分國家[66, 67, 76]等地區。Naik 等人[65]曾報導易感染細菌性條斑病的水稻品種千粒重損失 28.6 - 32.3%，中國大陸報告細菌性條斑病造成減產 10% - 30%左右，嚴重者甚至可達 60%以上[3]。在台灣，2007 年第二期作期間 (8 月中、下旬)，分別於南投縣草屯鎮早熟糯稻田區和雲林縣二崙鄉台南 11 號田區首次發現疑似病徵，經過 16S rDNA 定序比對結果與 *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* 相似度高達 97%以上，另以人工接種完成柯霍氏法則，由病徵及生理生化測試確定爲細菌性條斑病[15]，隨後陸續在台中、彰化、雲林、嘉義、台南等地區亦發現相同的病。筆者自 2007 年調查台中至台南等中南部地區細菌病條斑病發生情形，至今發現條斑病主要發生在第二期稻作，第一期稻作則尚未發現條斑病。

病　徵

水稻全生育期皆可發病，分蘗期至孕穗期發病較重[75]。初期在葉片上形成暗綠色水浸狀半透明病斑，與白葉枯病菌的危害情形有所不同，條斑病形成之病斑受到葉脈限制呈條斑狀延展 (圖一 E)，在部分感病品種上病斑四周會產生黃暈 (yellow halo)。當溼度高時，病菌會於病斑表面滲出細小球狀的黃色菌泥 (圖一 F)。病斑漸漸變淡褐色，部分病斑會互相融合呈橘黃色不規則斑 (圖一 D)，最後整葉枯死內捲，葉片呈灰白色，最後的病徵很難與白葉枯病的病徵區分[3, 66, 67, 76]。Shekhawat & Sreivastava[75]指出病原菌感染水稻劍葉或小花時，造成子房、雄蕊、胚乳呈褐色或黑色壞死，穎片褐變，進而影響水稻產量。

發生生態

細菌性條斑病菌由自然開口(尤其是氣孔)或傷口侵入，在薄壁組織細胞間增殖造成爲害[3, 66, 76]。其發病條件類似白葉枯病，於高溫多濕、高氮肥的環境下易發生[66, 67, 76]，26-30.5 ℃適合發病[76]，溫度若低於 22℃病斑停止擴大，低於 16 ℃則無病斑產生[75, 76]。

病原菌可藉由雨水、灌溉水、昆蟲、農事操作、葉子互相接觸和帶病之野生稻作近距離的傳播，以帶病種子作遠距離傳播[17, 66, 67, 76]。病原菌靠病株殘體與帶病種子在田間存活[4, 66]，其可存在於穀粒的種殼、種皮與種胚內，胚乳內則無病原菌存在[1]，1972 年 Shekawat & Sreivastava[75]報告指出條斑病菌存活在成熟的種子穎殼下，只有在開花期接種時才會感染子房、胚乳等部位，之後的時間接種只會感染穎殼，待種子發芽後感染真葉造成為害[75, 76]，為初次感染源。已知細菌性條斑病菌在稻種內可存活 9 個月，乾燥病葉可長達 12 個月[12]，在土壤中則只有 7 週，在灌溉水中存活的時間則依溫度不同而有差異，可存活 10 – 90 天不等[70]。病斑產生之菌泥為二次感染源，在劍葉上形成之菌泥是引起稻種感染的主因[75, 76]，在有露水或雨水狀態下經風吹會造成葉與葉之間感染，若菌泥掉入灌溉水中，則造成田與田之間感染[67]。

抗病育種篩選

1965 年，Goto 測試 102 個水稻品種發現稉稻較秈稻抗病[57]，然歐等人於 1970 年時測試了 1000 個以上的水稻品種，發現不論稉稻或秈稻皆無抗性[68]。大陸學者發現屬於小葉型、葉片窄而直立、葉片氣孔密度較低、氣孔開張度較小的水稻則抗性較強[17]。李等[17]指出抗細菌性條斑病菌的資源多來自東南亞地區的印度、孟加拉與菲律賓，大多為老品種，其農藝性狀不佳。郭等人[13]報導發現一 IRBB 5 (*xa-5*) 對白葉枯病和細菌性條斑病兩種病害均有很高的抗性。另有報導 IR20、Krishna 和 Jagannath 此三種水稻品種對條斑病具有抗性[76]。

防治對策

防治細菌性條斑病的方法與防治白葉枯病的方法相近，可分為以下幾個方向[3, 66, 67, 76]：(1) 栽培抗病品種：台灣水稻目前尚未針對細菌性條斑病進行抗性檢定，未來可考慮以 IR20、Krishna 和 Jagannath 三種水稻品種作親本來進行抗病育種。(2) 稻種消毒：林等人研究種子消毒和秧苗期施藥防治細菌性條斑病較有利[7]。1965 年，Faan 與 Wu 曾使用有機汞藥劑處理帶菌種子可有效防治條斑病發生[51, 67]。稻種浸於 0.025% Streptomycine 溶液中，或利用 52 ℃溫湯處理 30 分鐘，可以降低病菌在種子上的數量[76]。(3) 將田間帶病稻椿、稻草燒毀[16]，或翻埋入土中並淹水以降低病原菌數量。(4) 勿施用過多氮肥。(5) 已發病田區灌溉水勿採用淹灌或串灌的方式，促使病原菌株到株或田到田傳播[22]。(6) 清除雜草減少昆蟲棲息地，以減少昆蟲取食時造成之傷口。(7) 拮抗菌防治：Rao 等人[67, 69]發現一些葉表微生物如 *Pseudomonas*、*Ewinia*、*Aspergillus* 可

作為拮抗菌。大陸學者研發之 Recor 製劑 (*Cladosporium*) 與 B—HCH 製劑 (*Bacillus*) 對田間水稻的保護作用較防治效果較強[19]。(8) 田間藥劑防治：施用 Vitavax (0.15 - 3.0 %) 可有效防治本病[76]；大陸學者使用 5%辛氨乙甘酸 (菌毒清) 水劑與 50% Chlorine Dioxide 水溶劑 (殺菌王) 防治效果不錯[34]。筆者測定細菌性條斑病菌對不同藥劑之感受性，發現 10 種農用藥劑皆對細菌性條斑病菌之生長均有抑制效果，但以 80%鋅錳乃浦可濕性粉劑 1000 X 溶液的效果最佳，可供後續溫室與田間藥劑防治試驗挑選藥劑時作參考。

結　語

隨著開發中國家工業化程度日增，全球暖化已經不是一個議題，而是一個我們馬上要面對解決的問題。在聯合國的報告中，台灣屬於氣候變遷的高危險群，過去百年來平均溫度增加 1.3 ℃[33]，是全球平均值的兩倍。根據歐盟執委會今年發表的報告，隨著地球暖化溫度上升，細菌性病害發生的頻度及嚴重性都將增加[50]。因此，細菌性病害在未來水稻病害管理的重要性將日趨重要。

細菌性病害防治極為困難，建立一個清潔種子的檢查驗證體系是一個可行的方向。開發抗病種原一直是許多國家的努力方向，經過長期的努力，最近本所已找出幾個對白葉枯病菌有較強抗性之稻品種，可做為育種親本之參考[9, 21]，未來有待後續努力育成較強抗病的推廣品種。

近年來結合了結構分析及分子技術的發展，細菌性病害的藥劑開發已有極長足的進步，如 harpin (Messenger®) 與 ASM (acibenzolar-S-methyl, Actigard® 50GW)[58, 78]。以水稻細菌病害的防治而言，篩選有效藥劑種類及劑型，並開發育苗箱的用藥技術極為重要。有鑒於消費者對食品衛生安全日益關心，非農藥防治法有其發展的重要性。近年來日本開發一種屬於 *Burkholderia* sp. 的生物製劑 (CAB-02)[35]，用來防治育苗期水稻細菌性穀枯病的效果值得參考，我國非農藥防治水稻細菌性病害的相關研究並不多[7]，未來應加強相關的研究，以期能提供有機米栽培農民一個可行的方向。

最後，鑑於台灣已發生的水稻細菌性病害均屬於種子帶菌傳播的病害，為防範不同病原型的病原菌或其他種媒病害傳入我國，因此應積極蒐集國際疫情動態，強化種子檢疫制度化及標準化的工作亦是當務之急。

引用文獻

1. 王公金、朱獻玳、陳毓苓、謝關林。1993。快速液相酶聯法鑑定水稻細菌性條斑病

帶菌稻種。江蘇農業學報 9 (1):36-41。
2. 台灣稻作資訊系統 (TRIS) (http://210.69.150.233:8080/default.jsp)。
3. 伍尚忠。1995。水稻細菌性條斑病。中國農業科學院植物保護研究所 編，中國農作物病蟲害 (上冊)，第二版，第 25-27 頁。中國農業出版社印。北京。
4. 成國英、林梅根、侯著衛、伍建宏。1996。稻細條病菌在病殘上的越冬研究及越冬病田稻株發病情況調查。湖北植保 1996(4):21-22。
5. 行政院農業委員會。2008。稻米。24-35 頁。96 年農業統計年報。行政院農業委員會。台北。339 頁。
6. 林金樹、陳俊位、曾德賜。2003。枯草桿菌及放射線菌對水稻白葉枯病防治效果及其生育之影響。中區農業改良場研究彙報 81:65-77。
7. 林碧潤、伍尚忠、黃少華、曾列先、徐羨明、王少清、林爛然。1995。種子消毒和秧苗期施藥防治水稻細菌性條斑病的研究。廣東農業科學 9(2):37-39。
8. 徐世典、張東柱、張清安、蔡進來、蔡東纂。2002。台灣植物病害名彙。第四版。中華民國植物病理學會。台中。386 頁。
9. 張義璋、謝麗娟。1999。抗台灣地區白葉枯病之稻品種篩選。中華農業研究 48(3):101-109。
10. 張義璋。2003。稻細菌性穀枯病。植物保護圖鑑系列 8－水稻保護(下冊)，第 317-322 頁。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。台北市。448 頁。
11. 張義璋。2004。台灣水稻重要病害之生態及防治要領。水稻健康管理研討會專集，第 75-101 頁。財團法人全方位農業振興基金會。台北。158 頁。
12. 張曉葵。1990。水稻细條病病種病草帶菌傳病研究。湖南農業科學 1990(5):44-46。
13. 郭亞輝、許志剛、胡白石、沈秀萍、陳志誼、劉永峰。2004。中國南方水稻條斑病菌小種分化研究。中國水稻科學 18(1):83-85。
14. 陳治官、賴明信、李長沛、曾清山、顏信沐。2004。國內水稻育種事業與重要栽培品種之特性簡介。水稻健康管理研討會專集。第 33-40 頁。財團法人全方位農業振興基金會。台北。158 頁。
15. 陳純葳、許秀惠、謝麗娟、張義璋。2008。台灣水稻新病害 — 細菌性條斑病。植病會刊 17(1):82。（摘要）
16. 陳曦、劉洪梅。2007。處理帶病稻草（椿）對水稻細菌性條斑病的控制效果。植物醫生 20(6):23。
17. 曾建敏、林文雄。2003。水稻細菌性條斑病及其抗性研究進展。分子植物育種 2003(2):257-263。
18. 費雯綺、王喻其。2007。植物保護手冊－糧食作物及其他篇。農業藥物毒物試驗所。

台中。421 頁。

19. 黃國華、成國英。1995。防治水稻細菌性條斑病新藥源的篩選研究。湖北植保 1995(6):9-10。
20. 農業試驗所。1997。民國八十五年年報。農業試驗所。台中。168 頁。
21. 農業試驗所。2007。民國九十五年年報。農業試驗所。台中。162 頁。
22. 劉洪梅。2007。排灌技術對水稻細菌性條斑病的控制效果。植物醫生 20(5):34。
23. 謝式坪鈺、張勝祺。1977。影響水稻感染白葉枯病菌產生急性萎凋型病徵之因子。植保會刊 19(4):275-286。
24. 謝式坪鈺。1971。稻白葉枯病抗病性檢定。稻作病害。第 113-122 頁。中國農村復興聯合委員會。台中。372 頁。
25. 謝式坪鈺。1978。水稻白葉枯病原細菌 *Xanthomonas oryzae* 之生態。水稻病蟲害:生態學與流行學，第 167-184 頁。中國農村復興聯合委員會。台中。331 頁。
26. 謝式坪鈺。2003。水稻白葉枯病。植物保護圖鑑系列 8－水稻保護（下冊），第 323-338 頁。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。台北市。448 頁。
27. 謝麗娟、張義璋、謝廷芳。2006。水稻台中秈 10 號不同生育期對引起淡黃化型白葉枯病之菌株反應。台灣農業研究 55(3):201-211。
28. 謝麗娟、張義璋、謝廷芳。2007。水稻品種對淡黃化型白葉枯病之抗感病性。台灣農業研究 56(1):1-10。
29. 簡錦忠、洪雲卿。1970。稻白葉枯病之研究 1.接種方法之檢討及稻品種抗病性測定。中華農業研究 19(1):1-5。
30. 簡錦忠、張義璋、廖英明、歐世璜。1983。台灣水稻新病害—稻細菌性穀枯病。中華農業研究 32(4):360-366。
31. 簡錦忠、張義璋。1987。水稻不同齡期及品種對稻細菌性穀枯病菌之感病性。中華農業研究 36(3):302-310。
32. 簡錦忠、謝麗娟。1989。本省稻白葉枯病菌病原群之研究 I.判別品種之探討。中華農業研究 31(4):321-333。
33. 蕭富元。2007。全球暖化 台灣發燒。天下雜誌 369：106-119。
34. 蘇玲、紹向陽、華貴茂、段麗麗。1998。殺菌劑防治水稻細菌性條斑病田間藥效試驗。江西植保 21(4)：26-27。
35. 井上博喜、宮川久義。2005。CAB-02 水和剤と化学農薬併用によるイネ種子伝染性病害の防除。近中四農研報 4:15-23。
36. 五十川是治。1986。稻もみ枯細菌病の感病條件と發病度、收量との關係。今月の農業 30(7):97-101。

37. 岩野正敬。1991。イネ病害蟲の發生生態と防除。西南暖地地域の病害と對策。今月の農業 35(3):46-50。
38. 後藤孝雄。1983。イネもみ枯細菌病菌による止葉葉節の變色と穗發病との關係(講要)。植物防疫 49(1):97。（摘要）
39. 後藤和夫、大畑貫一。1958。稻籾枯性細菌病。日植病報 23(3)：155。
40. 茂木靜夫。1984。イネもみ枯細菌病に發生生態と防除(2)。農業および園芸 59(6):782-788。
41. 茂木靜夫。1984。イネもみ枯細菌病に對する品種耐病性(1)。農業技術 39(12):537-542。
42. 茂木静夫、金章圭。1987。韓国におけるイネもみ枯細菌病の発生と分布 (講要)。日植病報 53(3):402。（摘要）
43. 栗田年代、田部井英夫。1967。イネもみ枯細菌病の病原細菌について(講要)。日植病報 33(2):111。（摘要）
44. 植松勉、吉村大三郎、西山幸司、茨木忠雄、藤井溥。1976。育苗箱のイネ幼苗に腐敗症をおこす病原細菌について。日植病報 42(4):464-471。
45. 對馬誠也、茂木靜夫、齊藤初雄。1985。イネもみ枯細菌病の發病に及ぼす接種溫度、接種濃度すよび濕室保持時間の影響。九州病蟲研究會報 31:11-12。
46. 熊倉和夫、渡辺哲、豊島淳、牧野孝宏、市川健、伊代住浩幸、永山孝三。2003。*Trichoderma* sp. SKT-1 株による 6 種のイネ種子伝染性病害の発病抑制効果。日植病報 69(4):393-402。
47. 衡山威、中山武則。1986。イネもみ枯細菌病の発生に影響する出穗期前後の氣象要因。日植病報 52(1) :107。
48. 梶谷裕二、中村利宣。2005。籾に発生するイネもみ枯細菌病の主要伝染源と本病に対する温湯消毒の効果(講要)。日植病報 71(3):302。（摘要）
49. Cottyn, B., Cerez, M. T., Outryve, M. F., van Barroga, J., Swings, J., and Mew, T. W. 1996. Bacterial diseases of rice. I. Pathogenic bacteria associated with dheath rot complex and grain discoloration of rice in the Philippines. Plant Disease 80:429-436.
50. European Commission. 2009. Adapting to climate change: the challenge for European agriculture and rural areas. European Commission, 37pp.（http://ec.europa.eu/agriculture/climate_change/workdoc2009_annex_en.pdf）
51. Faan, H. C., and Wu, S. C. 1965. Field control of bacterial leaf streak (*Xanthomonas oryzicola*) of rice in Kwantung. Acta Phytopathologica Sinica 4:1-6. (in Chinese with English abstract).

52. Fang, C. T., Ren, H. C., Chen, T. Y., Chu, Y. K., Faan, H. C., and Wu, S. C. 1957. A comparison of the rice bacterial leaf blight organism with the bacterial leaf streak organism of rice and Leersia hexandra Swartz. Acta Phytopathologica Sinica 3:99-124. (in Chinese with English abstract).

53. FAO Rice Market Monitor 2009.(http://www.fao.org/es/ESC/en/15/70/highlight_71.html)

54. Goto, K., Fukatsu, R., and Ohata, K. 1956. Effect of climate conditions on the infection of bacterial leaf blight of rice. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 20:175-176.

55. Goto, K., Inoue, Y., Fukatsu, R., and Ohata, K. 1955. Field observations on the outbreak and fluctuation of severity of bacterial leaf blight of rice plant. Bull. Div. Plant Breed, Tokaikinki Agr. Exp. Sta. 2:53-68.

56. Goto, M. 1964. "Kresek" and pale yellow leaf, systemic symptoms of bacterial leaf blight of rice caused by *Xanthomonas oryzae* (Uyeda et Ishiyama) Dowson. Plant dis. Reptr. 48:858-861.

57. Goto, M. 1965. Resistance of rice varieties and species of wild rice to bacterial leaf blight and bacterial leaf streak diseases. Philippine Agriculturist 48:329-338.

58. Hacisalihoglu, G., Ji, P., Longo, L. M., Olson, S., and Momol, T. M. 2007. Bacterial wilt induced changes in nutrient distribution and biomass and the effect of acibenzolar-S-methyl on bacterial wilt in tomato. Crop Protection 26(7):978-982.

59. Hashioka, Y. 1951. Bacterial leaf blight of rice and its control. Agri. and Hort. 26:644-648.

60. Hsieh, S. P. Y. 1991. Recent status and future prospects on bacterial blight in Taiwan. pp.117-130. *in*:"The Rice Diseases" Proc. Symp. at TARI, November, 1990. TARI Special Bulletin No. 32.

61. Hsieh, S. P. Y., and Buddenhagen, I. W. 1975. Survival of tropical *Xanthomonas oryzae* in relation to substracte, temperature, and humidity. Phytopathology 65: 513-519.

62. Hsieh, S. P. Y., Buddenhagen, I. W., and Kauffman, H. E. 1974. An improved method for detecting the presence of *Xanthomonas oryzae* in rice seed. Phytopathology 64:273-274.

63. Liu, H., Yang, W., Hu, B., and Liu, F. 2007. Virulence analysis and rice classification of Xanthomonas oryzae pv. oryzae in China. J. Phytopathology 155: 129-135.

64. Mizukami, T., and Wakimoto, S. 1969. Epidemiology and control of bacterial leaf blight of rice. Annual Review of Phytopathology 7:51-72.

65. Naik, S. L., Nema, K. G., Kulkarni, S. N., and Shrivastava, P. S. 1973. Susceptibility of rice varieties to the attack of bacterial streak caused by *Xanthomonas translucens* Dowson f. sp. *oryzicola* (Fang et al.) Bradbury. Indian Journal of Agricultural Science 43:590-594.
66. Niño-Liu, D. O., Ronald, P. C., and Bogdanove, A. J. 2006. *Xanthomonas oryzae* pathovars: model pathogens of a model crop . Molecular Plant Pathology 7(5):303-324.
67. Ou, S. H. 1985. Rice Diseases. 2nd ed. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England. 380pp.
68. Ou, S. H., Franck, G. P., and Merca, S. D. 1970. Varietal resistance to bacterial leaf streak disease of rice. Philippine Agriculturist 54:8-32.
69. Rao, C. S., Devadath, S., and Dath, A. P. 1978. Effect of three antagonists on the development of bacterial leaf streak of rice. Canadian Journal of Microbiology 24:1010-1012.
70. Rao, P. S. 1987. Across-season survival of *Xanthomonas campestris* pv. *oryzicola*, causal agent of bacterial leaf streak. International Rice Research Newsletter 12:2- 27.
71. Reddy, A. P. K. 1988. Bacterial blight crop loss assessment and disease management, pp.79-88. *in:* Bacterial Blight of Rice, Proceeding of the International Workshop on Bacterial Blight of Rice, Mar 14-18, 1988, Los Banos, Laguna, Philippines.
72. Reddy, A. P., Katyal, J. C., Rouse, D. I., and Mackenzie, D. R. 1979. Relationship between nitrogen fertilizer, bacterial leaf blight severity and yield of rice. Phytopathology 69:970-973.
73. Reinking, O. A. 1918. Philippine economic plant diseases. Philippine Journal of Science A 13:165-274.
74. Reitsma, J, and Schure, P. S. J. 1950. “Kresek”, a bacterial disease of rice. Contributions of the Central Agricultural Research Station, Bogor. 117:1-17.
75. Shekawat, G. S., and Srivastava, D. N. 1972. Mode of infection in bacterial leaf streak of rice and histology of the diseased leaf. Phytopathologische Zeitschrift 74:84-90.
76. Sood, A. K., and Aggarwal, P. 2002. Bacterial diseases of field crops, pp.333-337. *In*: Gupta, V. K. and Y. A. Paul [eds.], Diseases of Field Crops, Indus Publishing Company, New Delhi.
77. Srivastava, D. N. 1967. Epidemiology and control of bacterial blight of rice in India, pp.11-18. *In:* Proceedings of a Symptosium on Rice Diseases and their Control by Growing Resistant Varieties and Other Measures, Agriculture, Forestry and Fisheries

Research Council, Japan.

78. Tubajika, K. M., Civerolo, E. L., Puterka, G. J., Hashim, J. M., and Luvisi, D. A. 2007. The effects of kaolin, harpin, and imidacloprid on development of Pierce's disease in grape. Crop Protection 26(2):92-99.

79. Urakami, T., Ito-Yoshida, C., Araki, H., Kijima, T., Suzuki, K. I., and Komagata, K. 1994. Transfer of *Pseudomonas plantarii* and *Pseudomonas glumae* to *Burkholderia* as *Burkolderia* spp. and description of *Burkolderia vandii* sp. nov. International Journal of Systemic Bacteriology 44(2):235-245.

80. Wakimoto, S. 1954. Biological and physiological properties of *Xanthomonas oryzae* phage. Sci. Bull. Fac. Agric. Kyushu Univ. 14:485-493.

Abstract

Chen, C. W.[1] and Hseu, S. H.[1*] 2009. Bacterial diseases of rice in Taiwan. pp. 45-64. *In*: Proceedings of Symposium on Achievements and Perspectives of Rice Protection in Taiwan. 160 pp. (Plant Pathology Division, Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, ROC.)

Rice cultivation is the most important agriculture in Taiwan. Several bacterial diseases could be found in Taiwan. Among them, bacterial blight (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*), bacterial leaf streak (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*) and grain rot (*Burkholderia glume*) were the most significant and caused great economic losses in Taiwan. Bacterial leaf blight is one of the devastating disease of rice, which is also known worldwide. There are three types of symptoms : leaf blight, "kresek" and pale-yellow in Taiwan. Now the disease is prevalent and is responsible for 6 – 60% yield reductions depending upon its severity. Leaf streak is mainly occurred in Asian countries, northern Australia, and West Africa and is responsible for 10 – 60% yield reductions. Grain rot of rice is a seedborne disease and in severe case could cause severe loss while in nursery bed. These bacterial diseases might be transmitted through contaiminated seeds, rain splash, irrigation water, insects and culture practices. Bacterial diseases are long known difficult to manage and resistant varieties are the most effective tool to control. However, several measures such as seed quarantine, good field hygiene, and pesticides application could provide ideal outcome. In the coming future, to develop environmental friendly control strategies for organic rice growers and to develop technologies for good nursery bed hygiene are urgently needed.

(Key words: rice, bacterial leaf blight, bacterial leaf streak, grain rot, ecology, control)

水稻害蟲防治之省思

鄭清煥[1*]、黃守宏[1]

[1]嘉義市 農業試驗所嘉義分所植物保護系

摘 要

鄭清煥、黃守宏. 2009. 水稻害蟲防治之省思. 台灣水稻保護成果及新展望研討會專刊，第 65-82 頁. 倪蕙芳、楊宏仁編. 160 頁. 農業試驗所印。

病原、寄主及環境被視為植物病害三角，這一理論亦適用於蟲害的發生。許多病、蟲害之病原或蟲原均與田間衛生有密切關係，而寄主作物的品種及其耕作方式則不僅影響寄主作物對病害或蟲害的抗性（或容忍性）、營養及棲息環境的微氣候，因此除自然氣候環境是無法人為左右外，其他均可藉人為之操作改善。在水稻蟲害方面，田間衛生主要指收穫後稻稿及稻椿的處理，翻土曝曬及田邊雜草與中間寄主的剷除等。此等措施可促使許多害蟲，如二化螟、三化螟及黑尾葉蟬等之發生明顯式微。另一方面，由於水稻主要害蟲大多為喜愛潮濕微氣候的環境，半矮性、穗數型水稻品種，生長在密植、重肥及湛水的情況下，不但能提供潮濕環境吸引害蟲前往棲息，並可提供豐富的營養，促進害蟲快速增殖，而導致若干以海外遷入為主要蟲源之害蟲，如褐飛蝨、白背飛蝨及瘤野螟蟲等之嚴重發生。是故改變栽植稻種或栽培及管理方式，應有有助於「防」蟲之猖獗發生。此外，在「治」蟲方面，無論單獨採用生物防治或藥劑防治均有其極限，若能以病、害蟲之生態為依據，調整施藥方法及時期，使天敵族群得能增長發揮其效能，協同達到經濟治蟲的效果。最後吾人需體認〝水稻有害生物綜合管理〞是〝水稻綜合管理系統〞之一小系統，在水稻管理系統內之諸小系統之間需有更多聯繫整合，才能整併出一套符合促進水稻生產價值，而非僅是產量的追求。

（關鍵詞：水稻、害蟲、管理、預防）

---

*通訊作者。E-mail: chcheng@dns.caes.gov.tw

前　言

水稻是國人主要糧食作物，並兼具安定社會民生、維持農村景觀、環境生態以及地上與地下水之貯存等功能。在水稻生長過程，可遭受多種病、蟲、草危害，而導致農業損失，其中以遭受蟲害之損失為最大；按 1973 至 1975 年在台灣西部之北、中、南 6 地區之農民田調查，在無防治情況下，一期作稻穀損失平均達 15.4%，二期稻為 29.9%[33]；不除草之稻田產量損失在直播稻及移植稻分別可達 16%及 62%[38]；而病害對稻穀產量之損失變異甚大，估計每年損失平均達 6%左右[49]。但事實上，水稻主要病、蟲、草害之發生種類及發生危害之嚴重性，常隨稻品種、耕作制度及田間管理而有很大變異。病原、寄主及環境被稱為病三角，其實這些因子亦適合於蟲害與草害。本文僅就此等因子對水稻害蟲發生之影響，就個人之體驗略加申述，或許對來日應用有所助益。

水稻害蟲的來源

喜歡在水稻上棲息及危害的主要害蟲，大多數屬於喜愛潮濕環境的害蟲、亦即所謂半水生昆蟲類 (semiaquatic insects)[48]。此類昆蟲除螟蟲類在稻桿內越冬外，其他害蟲如黑尾葉蟬 (*Nephotettix cincticeps* (Uhler))、椿象類、鐵甲蟲 (*Dicladispa armigera* (Oliver))、白背飛蝨 (*Sogatella furcifera* (Horváth))、斑飛蝨 (*Laodelphax striatella* (Fallen))、瘤野螟 (*Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée)) 等大多在水溝兩岸或田埂雜草上越冬，越冬蟲就成為第一期稻的蟲源。然而在過去 10~20 年來稻田灌溉溝渠及田埂大多水泥化，已少能成為越冬害蟲棲地，但取而代之的是休耕稻田或於冬作禾本科作物，如玉米、高梁、小麥及茭白筍等地區，則可提供該等害蟲之越冬棲地，其附近發生情況可能高於其他地區。二化螟蟲 (*Chilo suppressalis* (Walker)) 因最後一代之幼蟲約有三分之二在稻稿越冬，三分之一在稻樁越冬[3]；至於三化螟 (*Scirpophaga incertulas* Walker) 則有 90%以上幼蟲在稻樁地面下基部第一節中越冬[18, 20]，在稻田作業機械化後，不再堆積稻稿供作耕牛飼料，收穫後的稻稿不是被焚燒就是被收穫機切成片段晒乾，並於曳引機翻土耕作時攪入土中當基肥。因此，除若干地區於冬季裡作尚利用稻稿鋪置於畦面種植園藝作物外，很少有機會讓二化螟或三化螟再行猖獗發生。綜觀上述，本土害蟲在已往曾被列為主要害蟲者，如黑尾葉蟬、黑椿象、鐵甲蟲、二化螟及三化螟等之發生均已逐漸式微，此與耕作環境改變而破壞其越冬場所，有很大的關連。

近年來水稻害蟲以褐飛蝨 (*Nilaparvata lugens* (Stål))、白背飛蝨及瘤野螟最為重要。以台灣冬季溫度（在中部地區 1–2 月，月均溫約在 15–18℃間），若有適當寄主植

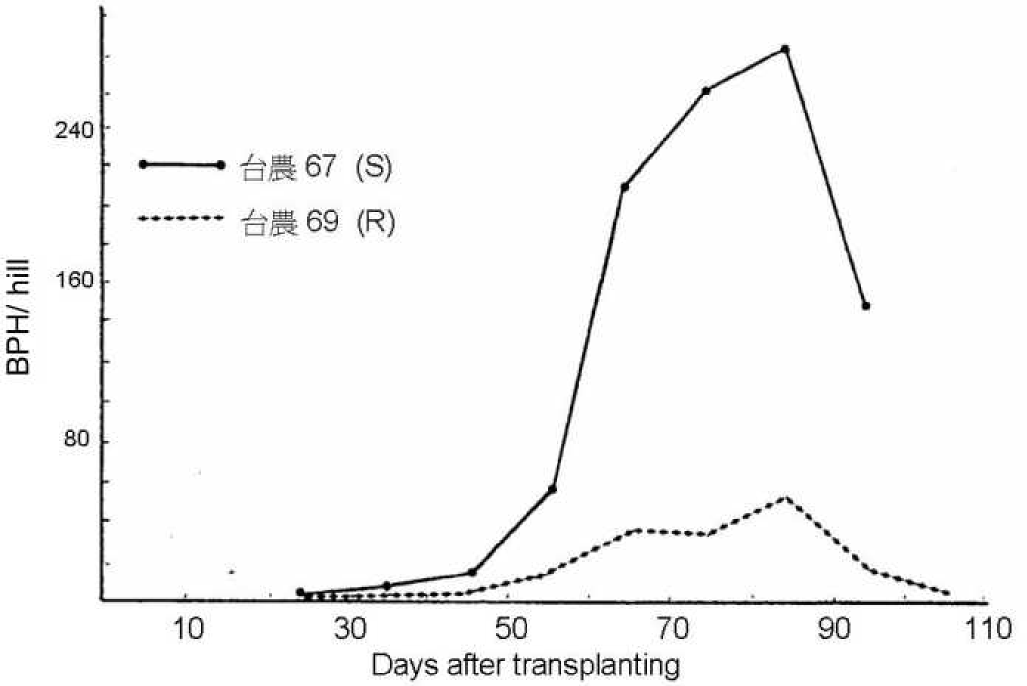
物可供取食，三種害蟲均應可順利越冬。但是在中南部冬季乾燥少雨，且大部分稻田於二期作收穫後即使用曳引機翻土曝曬或種植短期蔬果，田間少有再生稻供其維生。有時雖然可在大排水溝堤岸上的雜草上，發現被瘤野螟幼蟲危害的葉片，但尚未能發現有存活的幼蟲或蛹體，推測其密度應該甚低。在一期稻，一般於水稻移植後至 4 月間，在田間很難發現上述三種害蟲之幼蟲，但在 4 月下旬至 5 月間，其成蟲卻可斷斷續續地出現於誘蟲燈。經多年偵查，發現該等成蟲大多由海外遷入者，遷入蟲之出現與綜觀氣象條件，如鋒面或颱風等過境有密切關聯[37]，且遷入蟲之特性（如入侵害蟲的消長、生物小種以及抗藥性等）均與東亞地區該等害蟲之消長與特性的演變一致。此部分將成為台灣稻蟲今後之研究重點，在本研討會中，由本文第二作黃守宏先生另文介紹。

影響水稻害蟲發生之環境因素

影響水稻害蟲發生豐度及產量之環境因素，可謂錯綜複雜，大體上可分為物理因子和人為環境因子兩大類，以及兩者之相互作用。另在物理因子方面，除如大氣溫度、暴風雨等無法為人力所左右外，害蟲棲地之微氣候則可藉稻田管理方式調整。人為環境因子方面，概括地又可分為稻品種、水稻生長特性及肥、水管理方式，病、害蟲發生種類及防治效果等等。茲將各項因素之可能影響簡要介紹如下：

一、稻品種：

在過去傳統水稻被種植於田間，因受防治資材所限，經多年病、蟲之自然汰選，大多具若干程度之抗（耐）病、蟲特性；其後因合成殺蟲藥劑問世，水稻改良大多偏重產量與米質，對於病蟲問題則拋給植物保護人員，為此抗病、抗蟲特性逐漸消失。其後，在東亞地區（含台灣）雖有抗褐飛蝨等害蟲水稻品種之育成並推廣農民栽植，對褐飛蝨族群之抑制效果相當明顯(圖一)，但在大多數地區僅經 3~5 年之大面積栽培，就發生有害生物小種 (virulent biotype)，而使原本之抗蟲性崩潰[29, 42, 46]。可見抗蟲育種不能走捷徑，僅利用單主效抗蟲（病）基因，很容易被有害生物小種所適應而崩潰，而必須將兩個以上之抗性基因結合於同一品種，才能使抗性持久[44]。但此項工作工程浩大，在目前現實社會的情況下，不易引起相關人員的興趣。今欲利用不具抗蟲耐病品種於所謂的「有機栽培」，風險之大不言可喻。此外，栽培品種之改變，亦常導致不同種類害蟲發生更迭，如穗重型（或莖粗型）水稻易遭受二化螟蟲危害；而雜交稻易引起白背飛蝨的大發生[14, 30]



圖一、褐飛蝨在中等抗蟲及感蟲水稻品種之族群成長比較

Fig 1. Comparison between the population of lBPH on resistant (TN 69) and susceptible (TN67) varieties.

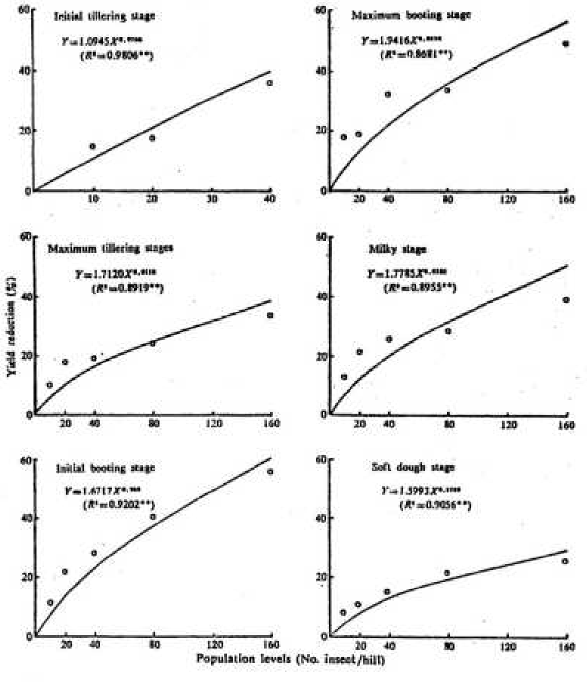
二、水稻各生長期對蟲害之容忍程度

水稻的一生一般可分營養生長期 (vegetative phase)（由萌芽至分蘖終止期）、繁殖生長期 (reproductive phase)（由幼穗分化至開花期）及成熟期 (ripening phase)（由開花受孕至種子黃熟期）等三期。通常稻穀產量由單位面積穗數、每穗充實穀粒數及千粒重所構成；單位面積穗數決定於營養生長期，而每穗粒數及千粒重則分別決定於繁殖生長期及成熟期[51]。

水稻在營養生長期是爲水稻最活躍時期，每叢稻之分蘖數、株高與葉片數以及稻株重量均快速增長，直至最高分蘖終止期。其後無效分蘖枝可能枯萎死亡，每叢分蘖枝數稍降，但植株因節間伸長而增長，株重亦持續增加；接著進入營養生長期，稻穗於稻桿最上一節之葉鞘內開始分化、成長而膨脹，稱爲孕穗期，然後稻穗由最上節之葉鞘中抽出，謂之抽穗期；接著開花授粉，穀粒開始發育而進入水稻成熟期，其間按穀粒之發育程度又分爲乳熟期、糊熟期、黃熟期及完熟期等。由移植至分蘖終止期在夏季約歷時 6–7 週，繁殖生長期歷時 4 週左右，成熟期亦約 4 週左右[51]。

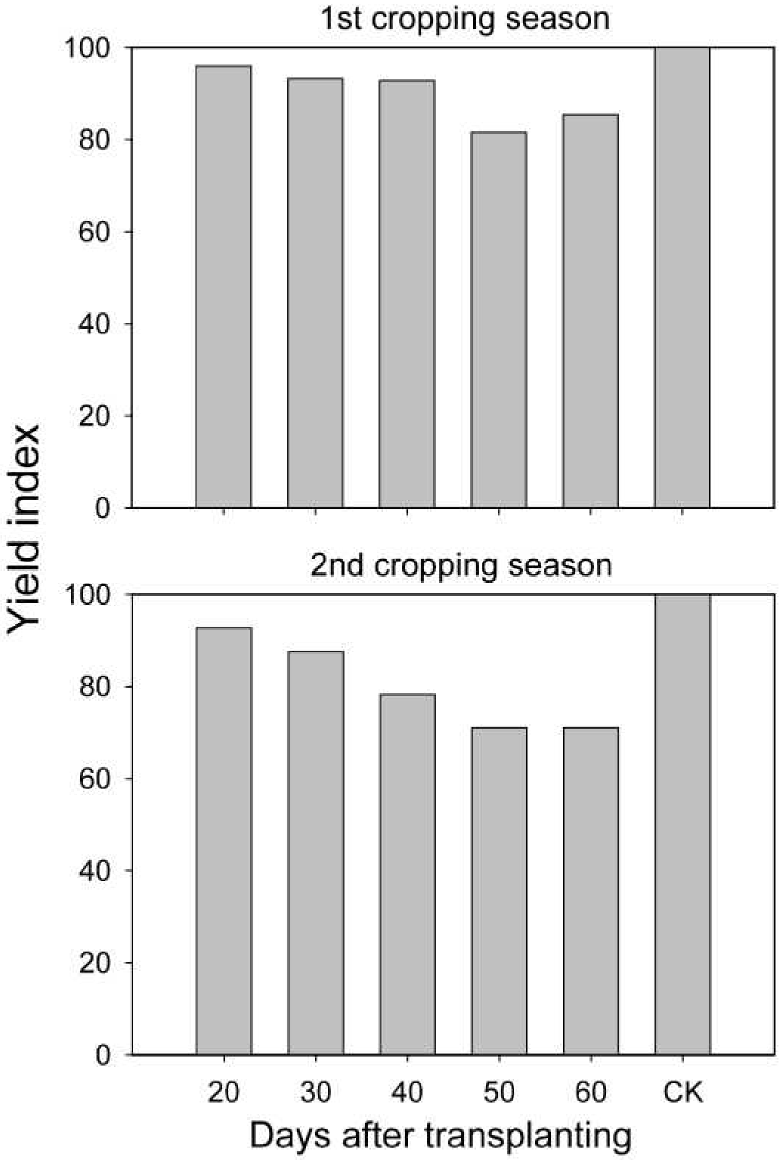
在水稻生長過程中，任何一生長期遭受蟲害，因破壞其組織及掠奪其養分，均可影響水稻之生長與稻穀產量。但由過去許多試驗，可發現水稻在不同生長時期對稻蟲具不同之誘引力，且對害蟲之容忍程度亦有很大差異。首先就水稻不同生長期對害蟲

之誘引程度而言，在水稻分櫱期前及抽穗期後無論對咀嚼式口器昆蟲（如瘤野螟、鐵甲蟲等）或刺吸式口器昆蟲（如褐飛蝨、白背飛蝨等）之誘引力均較其他時期爲低[6, 21]。不同生長期水稻遭受危害對產量之影響，許多報告研究褐飛蝨對水稻之危害顯示，以分櫱初期遭受危害之容忍程度最差，其次依序爲幼穗分化、孕穗、乳熟、糊熟、分櫱盛期及完熟期[33, 34, 41]。但實際上，在田間於水稻分櫱初期褐飛蝨發生密度尚頗低，不至於構成災害，因此影響產量最大的生長期應由幼穗分化期至乳熟期（圖二），在這其中若遭受危害將可導致極顯著的損失；糊熟期以後再遭受危害，損失明顯下降。遭受咀嚼式口器昆蟲取食葉片或剪葉試驗，結果顯示水稻在分櫱期葉片被剪除 20-30%，稻穀產量略爲下降，但與以後剪除者產量並無顯著差異；然而在孕穗期至乳熟期剪除 5-20%的葉片，均可使水稻產量明顯下降（圖三），可能因在分櫱期剪葉，具有較強的補償作用，而在孕穗期後，葉片停止生長，失去補償生理基礎，故爲受害的敏感時期[13, 31]；瘤野螟及其他嚙食葉片之害蟲通常最喜歡危害稻株上部較嫩之三片葉，而該三片葉被剪對稻穀產量之影響，同樣在孕穗期初剪除之損失(7.5%)，明顯地高於分櫱期(4.8%)[11, 26]。



圖二、盆栽台南 5 號水稻遭受褐飛蝨不同棲群密度爲害(X)與稻谷損失率(Y)之相關

Fig. 2. Relationship between the BPH population levels (X) and percentage of yield reduction (Y) of Tainan 5 in potted cultural conditions.



圖三、水稻不同生育期切除 30%葉片對產量之影響（福田，1937）。

Fig 3. The effect of pruning 30% of leaves at different stage of rice on the grain yield production.

研究測定稻葉遭受瘤野螟幼蟲危害後的光合強度，顯示下降幅度與被害葉之葉位、被害程度及被害後之時間呈密切關係[23]；受害程度愈重，光合強度下降愈大；劍葉受害，光合程度下降幅度比最後第二或第三葉片被害之下降幅度為大。但測定劍葉被害後，最後二片葉片的葉面積、葉綠素含量、光合程度及呼吸強度均明顯增強，對劍葉被害具一定程度的補償效應[9, 23]。同樣現象亦發現於水稻遭受螟蟲類的危害，在分櫱期被害枯心率達 10%左右，稻穀產量損失只達 3.2%，但在孕穗期後稻莖被害補償機制大幅下降，當白穗率達 2–3%時，即可使稻穀損失達 5%左右[39]。

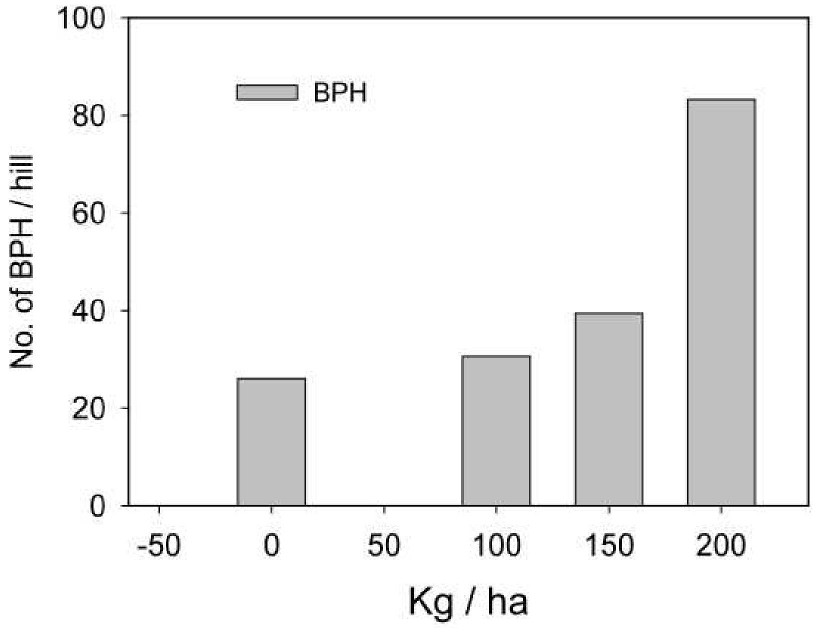
三、水稻種植行株距

水稻種植的行、株距隨時代而有變動，日據時期爲 24×24 或 24×27 cm，台灣光復後，於 1950 年代後因種植高產品種（穗重型），實施深耕、多肥及分施，多採密植，行、株距一般在 22.5×21 cm、24×15 cm 或 25×20 cm 不等；1970 年代改用機械插秧，行、株距改爲 30×16 cm 或 28×16 cm 之寬行密植方式[25]。由於危害水稻之重要害蟲和重要病害如稻熱病 (*Pyricularia oryzae* Cavara)、紋枯病 (*Rhizoctonia solani* J. G. Hühn) 及白葉枯病 (*Xanthomonas campestris* pv. *Oryzae* (Ishiyama) Dye 1978) 等，均喜愛潮濕環境下發生[48, 24]，密植、多肥及湛水均爲構成該種微氣候條件之重要因素。讓稻田內通風良好，陽光可透入稻叢間，構成不潮濕環境，害蟲自然不喜歡在該種環境下棲息繁衍，就可降低遭受主要病、蟲害危害的風險。但降低栽植密度及低肥，稻穀單位面積產量可能較密植多肥者爲低，如何取得經濟上的平衡點，則需與農藝專家共同努力。

四、稻田之肥、水管理

1.肥料

化學肥料之使用對稻穀之增產效應最爲顯著，其中氮肥可促進水稻生長、增進株高及分蘗數，以及葉片及穀粒的大小與蛋白質含量[15, 16, 54]；磷肥則可誘導根的生長，促進植株快速生長及成熟，以及誘導開花及種子形成；而鉀肥則可增加水稻之生長活力，幫助根的發育及對病虫害的抵抗力，幫助植株蛋白質之生成，強化稻桿之硬度，誘導穀粒快速發育以及澱粉、醣及油脂的形成與轉移[51]。在三要素中，以氮肥對水稻之生產影響最爲明顯；但施用氮肥過多亦可使稻株產生大量揮發性物質，誘引多種害蟲前往危害[1, 12, 45]，且施肥後，嫩而養份高的寄主可增加害蟲的存活率、取食量、生長速度及繁殖量，而繁茂生長的稻田提供高溫高濕環境，亦極適合水稻害蟲棲息繁殖（圖四）[17, 32, 48]；過度施用氮肥亦使水稻容易感染稻熱病、紋枯病、小粒菌核病 (*Nakataea sigmoidea* (Cavara) Hara var. *sigmoidea*) 及白葉枯病等病害，以及水稻倒伏，而導致減產[24]。氮肥施用過多在水稻生育初期雖可因此增加葉面積指數 (LAI)，而增加光合效率，但到分蘗盛期後因葉片遮蔽效應增加，下位葉光合作用效率下降，但呼吸作用之消耗仍然存在，反使光合作用之產物的儲存下降，不利於稻穀產量[54]；更甚者穀粒含較高之蛋白質，亦影響米之食感品質[4, 5]。因此如何重新思考合理施肥量及施肥法，尤其是氮肥，使其使用除能適當地提高產量外，亦同時能考慮到對病、蟲害及環境的衝擊，才不致其招惹的一些後果，再花更大的力量去收拾，那並不合乎經濟原則。



圖四、施用不同氮肥對二期稻褐飛蝨第三世代棲群密度之影響（徐，1975）。

Fig 4. The effect of nitrogenous fertilizer on the population of the third generation of BPH in the second cropping rice.

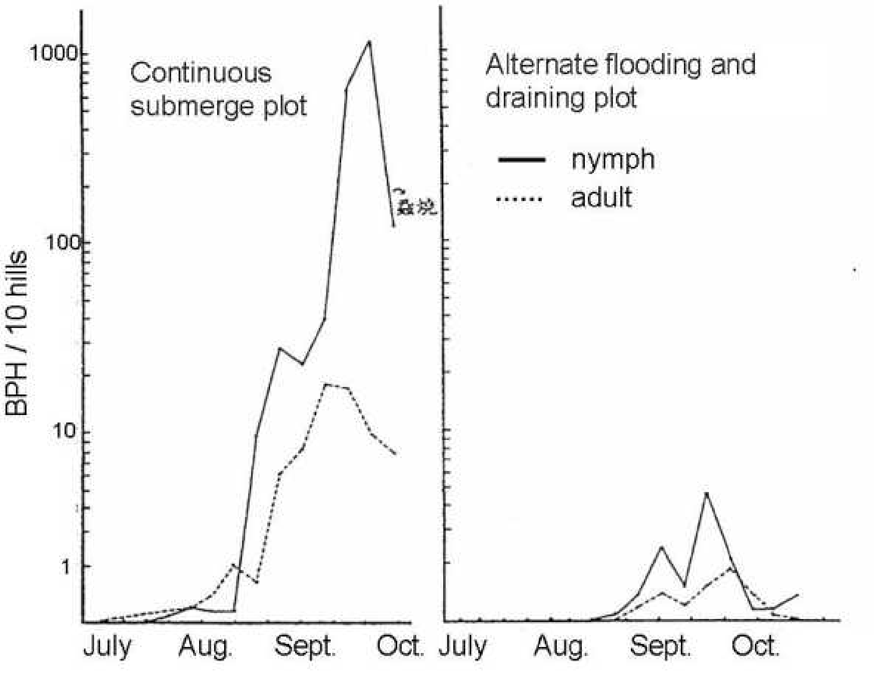
2.灌、排水管理

稻田之灌、排水方式在亞洲各地區並不完全相同，如於國際稻米研究所水稻終生生長於湛水狀態；在台灣則依先人經驗，日據時期以及台灣光復後之改進，已發展出一套適於這一地區稻田之灌排水管理方法，除於插秧後需淺水灌溉，在最高分蘗期（一期稻約 40 天，二期約爲 30 天）後排水曬田 10 天左右，其後自幼穗形成至花芽分化完成期（一期稻約植後於 60 天，二期約爲 40 天）和抽穗開花期（一期稻約植後 90 天，二期約爲 70 天）需深灌外，其他生長期則以採取輪流淺灌、曬田，可以排除有害物質，促進稻株之根部發育及植株生長和稻穀產量[7, 8, 25]。就害蟲管理立場而言，在水稻生育初期遷入蟲的數量是影響其後害蟲族群豐度的重要因素，若於插秧時保持水位 1~2 cm 左右，然後就讓稻田自然乾枯至土面微裂，再行交替淺灌與曬田，如此一方面可阻礙福壽螺 (*Pomacea canaliculata* (Lamarck)) 危害甫插秧之幼株水稻[28, 55]。另一方面，早期斷水亦可減少高溫致使土壤還原，產生對水稻發育之有毒氣體，並可促使稻根往下生長，增加往後對養分的吸收。最重要的是由於斷水曬田可降低田間濕度，且水稻分蘗稍晚，就可明顯地減少許多害蟲的遷入（表一），以及其後之族群增長[36]（圖五）。此種措施對降低害蟲遷入二期稻之效果甚爲明顯。

表一、直播稻田水份管理對害蟲族群之影響

Table 1. Effect of water management on the insect pest populations in direct-seeding rice, 2nd cropping season, Minshung, Chiayi.

Water management	Variety	The highest population density BPH 100 hills	WBPH 20 swps	SBPH 20 swps	GLH 20 swps	ZLH 20 swps	Injuried leaf by LF (%)	Infested stem by SB (%)
		1st cropping season						
Alternate flooding and draining	TN 69(R)	-	-	27	12	-	0.3	1.2
	TK 8 (S)	-	-	43	16	-	0.3	1.4
Continuous submerge	TK 8 (S)	-	-	142	41	-	1.3	3.2
		2nd cropping season						
Alternate flooding and draining	TN 69(R)	19.6	2	13	21	1	6.3	0
	TK 8 (S)	34.2	1	19	23	1	6.9	0.14
Continuous submerge	TK 8 (S)	143.0	16	94	160	17	12.0	0.13



圖五、直播田淺灌晒田區及長期灌水區褐飛蝨族群之發生密度差異比較

Fig 5. Comparison between the populations of BPH in the continuous submerge and alternate flooding and drain fields.

五、病、蟲、草害管理

水稻與病原、害蟲、雜草都是稻田生態系裡的一員，相互間有競爭，也有依靠的作用。稻田及其四周生長的雜草，可能成為水稻之病原、害蟲及害蟲之天敵的寄主植物及棲息場所。如田埂或田邊水溝禾本科雜草中，許多種類為瘤野螟、黑尾葉蟬、白翅葉蟬 (Thaia rubiginosa (Motschulsky))、電光葉蟬、斑飛蝨、白背飛蝨、負泥蟲 (*Oulema oryzae* (Kuwayama))、稻苞蟲 (*Parnara guttata* Bremer et Grey)、稻薊馬 (*Stenchaetothrips biformis* (Bagnall))、長角麥蚜 (*Sitobion akobiae* Shinji) 及稻熱病、白葉枯病、黃萎病 (*Phytoplasma*)、黃葉病 (*Rice transitory yellowing virus*) 等之中間寄主，而黑尾葉蟬則可將黃葉病及黃萎病等病毒傳播至水稻。防除田埂或灌排水溝裡的雜草，雖可減少了部份害蟲或病原的中間寄主，但同時亦使害蟲天敵無棲身之地。因此在從事病、蟲、草害防治時，將所使用之防治策略，需盡可能地考慮對其他物種產生之副作用。但迄至目前，水稻保護與其他作物一樣，病、蟲、草害管理仍各吹各的調，三者間之交互作用如何，有待進一步究明，以利防治策略之整合。

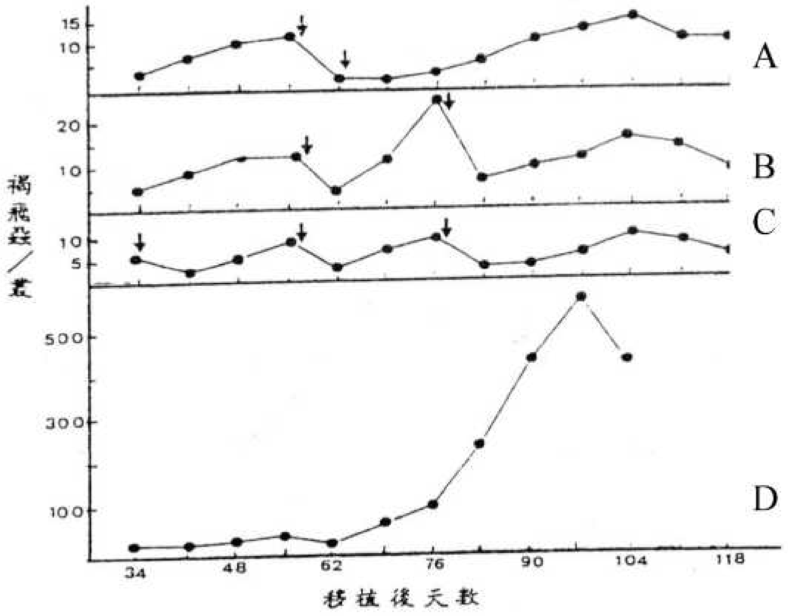
水稻害蟲防治在日據時期因藥劑防治資材之缺乏，著重於耕作及生物防治，效果有限[2]；1950 年後因合成化學殺蟲劑問世，並推陳出新，使用方法簡便、效果快速明確，廣受農民接受。但因過度使用後導致害蟲產生抗藥性 (resistance)、再猖獗 (resurgence, 藥劑處理區害蟲發生程度反較無處理區為高之現象) 及殘留 (residue) 之毒害人畜及對環境造成衝擊等問題。因而有所謂害蟲綜合管理 (integrated pest management) 之倡議。該項管理策略是一種以生態為基礎，以經濟為目的的害蟲管理策略；主張利用各種環境（包括生物、物理環境）阻力，降低害蟲族群增殖，並隨時加以監視，於害蟲可能超越容許界限時，再採取必要之防治措施[22, 53]。雖然此一防治策略已提出 40 餘年，但世界上大多數國家仍然以藥劑防治為主。主要理由包括下列幾點：

(1)藥劑資材取得容易，使用方法簡便，效果顯著。

(2)害蟲之經濟危害基準（或稱容許危害基準） (economic threshold) 是一種浮動的基準，受到水稻品種、各發育期對害蟲危害之容忍度、防治成本（資材及人工費用），稻穀收量及市場價格等因素之影響而變動，若有兩種以上害蟲同時發生，各種族群之比例如何，更難釐定；另一方面，測定一種害蟲或兩種以上害蟲危害對稻穀之損失，無論採用盆栽或田間小區接蟲，容易受其他生物或物理環境因子影響，必須設置重複，多次試驗驗證，頗為費時費力；若採用害蟲達到某一基準始採取防治，在各地區（國內、外）有不同標準出現之現象。以往在水稻害蟲上，我們對各主要害蟲雖然各訂有經濟危害基準，但實際上很難於害蟲剛好達到該基準時採取防治[35]。

目前我們採取的策略是依據害蟲在特定地區多年的田間族群消長數據，發現主

要害蟲經常在水稻某一生長期，其族群密度最可能達到經濟危害基準，若於該時期沒防治處理，則下一世代就有可能遭受經濟危害。如褐飛蝨爲水稻主要害蟲，建議於孕穗期中徹底防治（藥劑處理 1-2 次，視藥劑種類及施藥方法而定），瓦解其族群增長，就可有效避免於水稻抽穗後遭受危害而造成經濟損失（圖六）[33]；其後陸續研究發現，白背飛蝨、斑飛蝨、黑尾葉蟬、瘤野螟及二化螟等，因族群增長模式或危害時期與褐飛蝨頗爲類似，於該時期選用適當藥劑併同防治，亦可獲得同樣避免水稻抽穗期後遭受嚴重危害之效果。將來若能與水稻病害整合，只需在水稻某一、二個生長期保護，即可免於遭受經濟損失，將是最大的期望。



圖六、於不同時期施藥處理對褐飛蝨族群之抑制效果

Fig 6. Effect of timing application of insecticide on the population of brown planthopper.

A: Two sprays during the nymphal stage and 2nd generation with on interval of 7 days,
B: Spray at the maximum nymphal stage of the 2nd and 3rd generation,
C: Spray at the maxium nymphal stages of the 1st, 2nd and 3ed generations,
D: Untreated control.

(3)各地區害蟲發生種類不同，防治方法之選擇與整合需要因地制宜：

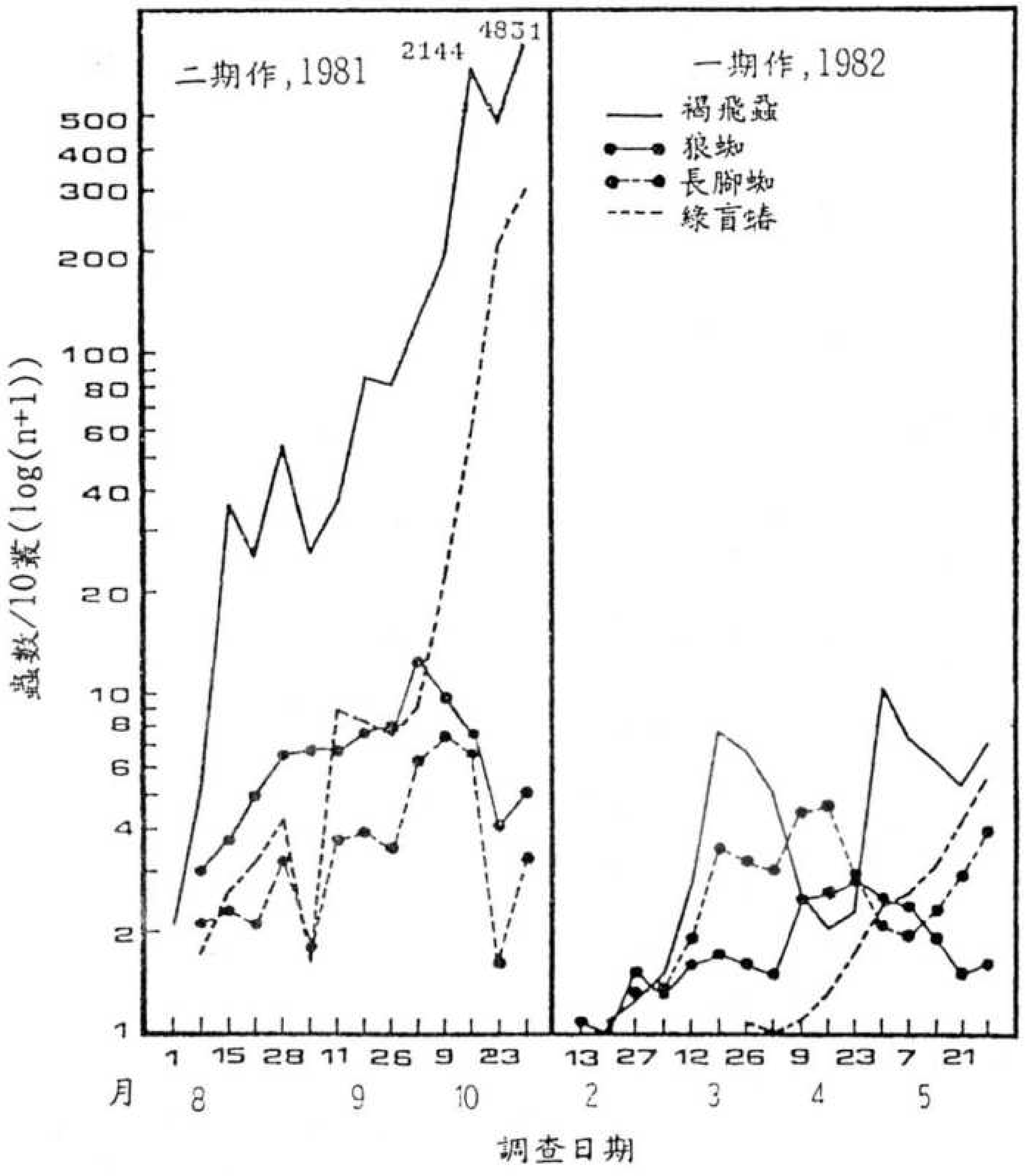
水稻主要害蟲發生種類及危害時期在台灣北、中、南及東部略有差異，直播稻、再生稻及正規稻亦稍有不同。如何選擇與整合不同防治方法於一體，有賴各地區研究推廣單位費神，才易於推廣農友實施應用。害蟲防治方法一般可分爲耕作防治法、生物防治法、物理防治法及藥劑防治等。各種防治法均有其優、缺點，如前面所述之耕作防治法，選擇稻種、調整行株距、肥水管理，以及收穫後之殘株管理等，均屬於此防治害蟲之「防」的措施。「防」的工夫做得好，也許可能影響產量或品質，但也可能因而使一種主要害蟲之發生爲之式微；如二化螟及三化螟之式微，部分固受使用藥劑

防治之結果，但主要原因應是受二期稻收穫後，稻稿及稻樁之處理，導致越冬蟲銳減所致；另外，如栽植抗褐飛蝨稻種，即使只有中等抗性，至少亦可減少 50%以上用藥頻率。

在「治」蟲方面，一般人都以生物防治爲首選，這是一種以生物相互制衡的策略，應是害蟲防治最高原則。在台灣已被紀錄之水稻害蟲天敵多達一百多種，其中三化螟、瘤野螟、褐飛蝨等各佔 20 餘種，種類相當豐富，若能好好保育利用，應可發揮相當程度的治蟲效果[10, 19, 42]。已有許多報告指出，天敵的確可阻礙害蟲族群的成長，如三化螟之卵被卵寄生蜂寄生率可達 48.3%至 60%[18]；褐飛蝨卵遭受寄生者可達 80%以上[10]；而瘤野螟卵被寄生者可達 52.9%[19]，然而由於天敵族群或寄生率經常是隨著害蟲族群密度而增加，當寄生率高峰出現時，水稻往往已遭受嚴重危害（圖七），顯示在水稻上單靠生物防治並無法達到經濟而有效地抑制害蟲危害的目的[42]。

此外，由於大部份寄生性或捕食性天敵在本能上受寄主專一性及尋找寄主能力之限制，即使在完全不使用農藥之日據時代，單靠天敵也是無法完全抑制害蟲的危害[2]。在目前於台灣許多稻田田埂及排水溝渠已被水泥化，於空田期，天敵很難找到棲地及食物，加以機械化耕作，增加天敵的死亡[47]，其種類及數量已大不如從前，若於水稻生育初期再噴佈殺蟲劑，將進一步降低天敵的存活空間。在這種情況下，期望利用天敵控制害蟲的可能性更加渺茫。但無論如何，害蟲天敵是自然界賜與人類珍貴的治蟲利器，善加保育並與其他治蟲方法配合運用，當能發揮一定程度之治蟲效果[52]。但現今情況下，若能在水泥田埂旁留 10cm 左右的土堤，或在稻田首尾留 1-1.5m 草地，作爲天敵在空田期的棲地，以豐富其族群，並在水稻移植後，於稻田施用一些腐植質，誘引中性昆蟲入侵，補充捕食性天敵的營養，或有可能壯大其族群；此外在水稻分蘗期中，若非絕對需要，不輕易使用殺蟲劑；如必須使用時，亦應盡量使用生物性殺蟲劑（如蘇力菌）或選擇性殺蟲劑，以免傷害天敵之增殖[48]。以耕作防治配合生物防治法於水稻害蟲防治，在現今鼓吹有機農業或永續農業之時，將更加受到重視。

其次在「治蟲」方面最常被應用的手段，就是殺蟲劑的使用。「殺蟲藥劑」廣泛地應包括所有能抑制、消滅、忌避或減少對作物、人類及家畜等有害昆蟲之物質，不管它是生物、礦物或爲有機合成化學物質。殺蟲劑廣受農民青睞，主要是治蟲效果快速，使用方法簡便。至於在大量使用後所引起的諸多副作用，可能與治蟲學者及使用者對稻作整體性之生態系統的知識缺乏或不足有關，以致無法判斷何時需要施藥？該選擇什麼藥劑？如何施用？才能治得了害蟲，而不致對環境構成重大衝擊[40]。事實上葯劑若能使用得當，不盲目濫用，它應是害蟲綜合防治體系中，不可或缺的重要資材[52]。



圖七、捕食性天敵之族群變動與褐飛蝨族群發生密度之關係

Fig 7. Effect of predatory spiders and mired-bug on the population of brown planthopper.

結　語

害蟲管理是作物有害生物管理 (integrated pest management，簡稱 IPM) 的一個子系統，除了害蟲外，另外還包括病害管理、草害管理及其他有害動物管理等子系統。目前這幾個子系統尚各自獨立運作，所使用措施有否相互牴觸，或可共同應用，有待協調整合成一個體系，才方便農民應用。但 IPM 是作物整合管理體系 (integrated crop management，簡稱 ICM) 的子系統之一，在 ICM 中同樣含有許多子系統，如品種、栽

培技術、肥、水管裡、有害生物管理等等，各個子系統間相互影響甚爲密切，而其目的均在追求作物生產的最大經濟價值，而非最高產量[27]。然而在水稻上，因各子系統之聯繫不足，往往各自站在自己系統的崗位上追求水稻之最高產量，致於其使用的措施所引起之副作用，如引起病害蟲的大發生，就留給有害生物管理系統去解決。問題是使用措施的增產價值，與解決由該措施所引起的問題之經濟價值是否平衡，則不得而知。稻作病蟲害與稻品種、種植密度、肥、水管裡、田間衛生及期作栽培期之整齊度等等息息相關。如在 1970 年代，由於東南亞大面積種植半矮性、對氮肥高感應之豐產稻種後，引起褐飛蝨、白背飛蝨及瘤野螟等害蟲的大發生，而這些害蟲又具長距離遷移特性，致使整個東南亞及東亞地區的水稻均遭受其威脅；其後中國華南地區與越南大面積種植雜交稻，導致白背飛蝨的入侵量取代了褐飛蝨[6, 30, 43]；另一方面，在印尼則簡單地藉調整凌亂的栽植期，使地區之期作間有空田期，打破害蟲在鄰近的稻田遷移危害，而明顯地改善褐飛蝨在該地區的肆虐危害問題[50]，而在台灣則藉處理二期稻收穫後之稻稿及稻桿，降低了二化螟及三化螟的發生危害[35]。由此可見若在作物管理系統內各子系統間能多交流聯繫，並將不利於有害生物發生之環境因子，在不致明顯影響作物的收益情況下，盡量融入作物管理體系中，則可節省其後諸多「治」蟲的耗費了。

引用文獻

1. 小畑登紀夫、金武祚、高行植、深海浩。1981。水稻對稻飛蝨之誘引作用。日本應動昆 25: 47-51。(日文附英文摘要)
2. 朱耀沂、鄭清煥。1996。台灣光復前水稻害蟲研究之沿革。植保會刊 38: 79-98。
3. 何火樹、劉達修。1970。台中地區水稻三化螟虫之生態研究。台灣農業 6: 7-14。
4. 宋勳。1980。施肥法影響水稻碾米品質之研究。台中區農業改良場研究彙報 3: 20-24。
5. 宋勳、洪梅珠、許愛娜 編。1991。台灣稻米品質之研究。台中區農業改良場特刊第 24 號。彰化。101 頁。
6. 那波邦彥。1991。在近年白背飛蝨之多發生傾向及其增殖方式。植物防疫 45: 41-45。(日文)
7. 林文龍、張學琨。1979。台中地區二期作增產之措施及其成效。台灣二期作稻低產及其解決方法研討會專輯，第 245-253 頁。謝順景、劉大江編。行政院國家科學委員會發行。台北。
8. 林文龍、侯福分。1986。稻作栽培法改進。四十年來台灣地區稻作生產改進專輯，

第 129-140 頁。黃正華先生農學獎學金基金會出版。台中。
9. 金德銳。1984。水稻對縱卷葉螟危害補償之測定。植物學報 11: 1-7。
10. 邱瑞珍。1978。水稻僞黑尾葉蟬與褐飛蝨之天敵。水稻病蟲害：生態與流行學，第 47-82 頁。邱人璋編。中國農村復興聯合委員會印。台北。
11. 馬巨法、胡國文。1992。中國水稻縱卷葉螟爲害損失和防治研究指標進展。中國稻縱卷葉螟的治理，第 18-23 頁。胡國文、郭玉杰、李紹石編。中國農業科技出版社。北京。中國。
12. 洪淑彬、朱耀沂。1992。肥料施用與作物害蟲防治之探討。病蟲害非農藥防治技術研討會專刊，第 121-128 頁。中華植物保護學會編印。台中。
13. 胡國文、陳忠孝、劉光杰、馬巨法、潘群威。1992。雜交晚稻對人工剪葉的動態補償反應模型研究。中國稻縱卷葉螟的治理，第 95-100 頁。胡國文、郭玉杰、李紹石編。中國農業科技出版社。北京。中國。
14. 胡國文、唐健、馬巨法、宋松強。1990。四種雜交稻組合對白背飛蝨族群的影響。植物保護學報 17: 145-148。
15. 連深。1986。台灣稻作肥陪管理之發展。四十年來台灣地區稻作生產改進專輯，第 238-249 頁。黃正華先生農學獎學金基金會出版。台中。
16. 連深。1999。稻田之肥培及土壤管理改進。台灣稻作發展史，第 379-388 頁。張彩泉編。中華農藝學會、豐年社編印。台中。
17. 徐國勇。1975。施用不同氮肥量對褐飛蝨棲群密度之影響。台灣省政府農林廳所屬試驗研究機關技術人員 63 年度試驗研究報告摘要，第 181-182 頁。台灣省農林廳編。南投。
18. 素木得一。1919。在台灣之一點大螟蛾。台灣農試報 13: 228-233, 13: 292-302, 13: 362-367, 13: 409-415, 13: 488-492, 13: 554-560.（日文）
19. 陳健忠、邱瑞珍。1983。台灣水稻縱捲葉蟲天敵之調查。中華農業研究。32: 286-291。
20. 陶家驊。1966。台灣三化螟及二化螟害蟲問題。科學農業 14: 273-288。
21. 深町三郎。1980。瘤野螟蛾之棲息場所及產卵。九州蟲害研究彙報 26: 93-126。（日文附英文摘要）
22. 深谷昌次、桐谷圭治。1977。總合防除。株式會社講談社出版。東京。415 頁。
23. 張俊平。1991。水稻對稻縱卷葉螟爲害的損失及生理補償效應分析。植物保護學報 12: 1-6。
24. 張義璋。2002。台灣水稻病害之綜合管理。台灣作物病蟲害綜合管理研討會專刊，第 39-60 頁。程永雄、楊宏仁、倪蕙芳、黃守宏編。行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所印。嘉義。

25. 張學琨。1999。台灣稻米移植栽培技術之演進。台灣稻作發展史，第 265-312 頁。張彩泉編。中華農藝學會、豐年社編印。台中。

26. 陸自強、沈國清。1992。稻縱卷葉螟為害損失及經濟閥值的研究。中國稻縱卷葉螟的治理，第 34-38 頁。胡國文、郭玉杰、李紹石編。中國農業科技出版社。北京。中國。

27. 陳秋男。2002。有害生物管理的多層面思考。台灣作物病蟲害綜合管理研討會專刊，第 9-10 頁。程永雄、楊宏仁、倪蕙芳、黃守宏編。行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所印。嘉義。

28. 菖蒲信一郎。1996。福壽螺的生態及防治。植物防疫 50: 211-217。(日文)

29. 寒川一成。1993。褐飛蝨生物小種之變異及其季節遷移族群的遷出蟲源地之推測。植物防疫 47: 256-260。(日文)

30. 寒川一成。2001。中國雜交稻對害蟲之感受性。農業技術 56: 398-402。(日文)

31. 福田計。1937。水稻鐵甲蟲之調查。台灣總督府中央研究所農業部彙報 130: 1-24。(日文)

32. 鄭清煥。1971。施用氮肥對水稻抵抗褐飛蝨之影響。農業研究 20: 21-30。

33. 鄭清煥。1978。水稻褐飛蝨之防治。昆蟲生態與防治，第 95-112 頁。蘇仲卿、嚴奉琰、林飛棧編。中央研究院動物研究所印。台北。

34. 鄭清煥。1979。水稻褐飛蝨的經濟為害水平之研究 II. 褐飛蝨棲群密度與水稻產量損失之關係。科學發展月刊 7: 1103-1114。

35. 鄭清煥。1986。台灣稻作害蟲與防治。四十年來台灣地區稻作生產改進專輯，第 199-218 頁。黃正華先生農學獎學金基金會出版。台中。

36. 鄭清煥。2003。台灣水稻害蟲綜合管理研究之回顧與展望。台灣作物病蟲害綜合管理研討會專刊，第 11-38 頁。程永雄、楊宏仁、倪蕙芳、黃守宏編。行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所印。嘉義。

37. 鄭清煥、盧瑞良。1990。褐飛蝨及白背飛蝨由海外遷入嘉南地區之偵測及其氣象條件。中華昆蟲 10: 301-324。

38. 蔣慕琰、呂理燊。1982。台灣稻田雜草及其危害。中華雜草學會刊 3: 18-46。

39. 劉達修。1977。台灣三化螟對水稻之危害觀察。科學月刊 5: 185-188。

40. 嚴奉琰。1978。害蟲防治之生態觀。昆蟲生態與防治，第 123-130 頁。蘇仲卿、嚴奉琰、林飛棧編。中央研究院動物研究所印。台北。

41. Chen, C. N., and Cheng, C. C. 1978. The population levels of *Nilaparvata lugens* (Stål) in relation to the yield loss of rice. Pl. Prot. Bull. 20: 179-209.

42. Cheng, C. H. 1982. Studies on the integrated control of brown planthopper, *Nilaparvata*

lugens (*Stal*) in Taiwan. Thesis for Doctor of Agriculture, Tokyo University. 335 pp.

43. Dyck, V. A. and Thomas, B. 1979. The brown planthopper problem. pp. 1-17. *In*: Brown planthopper: threat to rice production in Asia. IRRI, Los Banõs, Philippines.
44. Heinrichs, E. A. 1994. Host plant resistance. pp.517-548. *In*: E. A. Heinrichs, ed. Biology and Management of Rice Insects. Wiley Eastern, New Delhi, India. 779 pp.
45. Murakata, K., Saito, S., Ogawa, T., and Ishii, S. 1959. Oryzanone, an attractant to the stem borer. Bull. Agric. Chem. Soc. Jpn. 23: 64-65.
46. IRRI. 1976. The International Rice Research Institute, Annual Report for 1975. IRRI, Los Banõs. Philippine.
47. Islan, Z., and Heong, K. L. 1999. Effect of tillage on arthropod predators of rice insect pests in irrigation rice, pp.198-208. *In*: D. X. Gu, C. Q. Zhou, and Y. Pang eds. Proceedings of the International Symposium on Integrated Pest Management in Rice-based Ecosystem, October 20-24, 1999. Guangzhou, China.
48. Litsinger, J. A. 1994. Cultural, mechanical, and physical control of rice insects. pp. 549-584. *In*: E. A. Heinrichs, ed. Biology and Management of Rice Insects. Wiley Eastern, New Delhi, India. 779 pp.
49. Lo, T. T. 1961. A brief report on the plant diseases and their control in Taiwan. JCRR, Plant Industry series 23: 1-52.
50. Oka, I. N. 1979. Cultural control of the brown planthopper. pp. 357-369. *In*: Brown planthopper: thread to rice production in Asia. IRRI, Los Banõs, Philippines.
51. Rice Information Cooperation Effort. 1967. Rice production manual. UPCA and IRRI, Los Banõs, Philippines.
52. Smith, C. M. 1994. Integration of rice insect control strategies and tactics. pp. 681-692. *In*: E. A. Heinrichs, ed. Biology and Management of Rice Insects. Wiley Eastern, New Delhi, India. 779 pp.
53. Smith, R. F., and Reynolds, H. T. 1966. Principles definitions and scope of integrated pest control. pp. 11-17 *In*: Proceeding of the FAO symposium on Integrated Pest Control. 11-15 Oct, 1966. Rome, Italy.
54. Tanaka, A., Kawano, K., and Yamaguchi, J. eds. 1966. Photosynthesis, respiration, and plant type of the tropical rice plant. IRRI, Los Banõs, Philippines. 46 pp.
55. Wada, T., Ichinose, K., and Higuchi, H. 1999. Effect of drainage on damage to direct-sown rice by apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullaiidae). Appl. Entomol. Zool. 34: 356-370.

Abstract

Ching-Huan Cheng and Shou-Horng Huang. 2009. Reconsideration of the rice insect pests control in Taiwan. pp.65-82. *In*: Proceedings of Symposium on Achievements and Perspectives of Rice Protection in Taiwan. 160 pp. (Department of Plant Protection, Chiayi Agriculture Experimental Station, ARI, Chiayi 600, Taiwan, ROC.)

Pathogenesis, host plant and environmental conditions have long been recognized as disease triangle, that concept is also adoptable to the insect pests. It was believed that abundance of pathogenesis and insect sources were highly correlated with the field's sanitation, while the cultivar, cultural practices might affect not only the plant tolerance (or resistance) to pests, but could also provide rich nutrition and suitable habitat to the pests. Therefore, it seems that most of factors affecting to the pest abundance can be changed to the conditions adverse to the pests to prevent the infestation. In case of rice insect pests, the infestation of rice stem borer (*Chilo suppressalis*), paddy borer (*Scirpophaga incertulas*) and the rice green leafhoppers (*Nephotettix cincticeps*) tending to negligible was considered due to the destruction of stubble, straw and weeds as soon as after harvest of the second cropping rice. Since the most major rice insect pests are semiaquatic insect, they prefer to inhabit in a highly moist conditions. Therefore, declining the microclimatic moisture through adjustment of cultural practices, such as lowering planting density, lowering fertilizer applications and adopting alternation of shallow flooding and dryness water management could be used to slowdown the population development, and accordingly the frequency of chemical application could be reduced. It is importance that these adjusted cultural practices should be also profitable to rice disease control but should not hamper the profit of rice production. Since the "integrated pest management" is one of branch system of the "integrated crop management"system, any change of a component in the system would affect to the function of other components. Therefore, strengthening the connection and consultation among branch systems, and uniting the branch systems to a practicable process for rice farmers is urgently needed.

(Key words: rice, insect pests, management, preventive)

水稻病蟲害抗性檢定工作回顧

陳隆澤[*]、黃守宏、鄭清煥
嘉義市　行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所

摘　要

陳隆澤、黃守宏、鄭清煥. 2009. 水稻病蟲害抗性檢定工作回顧. 台灣水稻保護成果及新展望研討會專刊，第 83-103 頁. 倪蕙芳、楊宏仁編. 160 頁. 農業試驗所印。

水稻抗病、抗蟲檢定工作係水稻育種程序中重要的一環，爲配合水稻育種，針對台灣稻作主要病蟲害設置檢定圃，以篩檢國內各稻作改良場所新育成水稻品種(系)對主要病蟲害之抵抗性反應。本文綜述過去 35 年來有關水稻對病蟲害抵抗性檢定之工作成果，歷年來參加檢定之品種(系)高達一萬多個，檢定項目涵蓋稻熱病(*Magnaporthe grisea* (Hebert) M. E. Barr.)、白葉枯病(*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Ishiyama) Swings et al. 1990)、紋枯病(*Thanatephorus cucumeris* A.B. (Frank) Donk)、縞葉枯病(*Rice stripe virus*)、黃萎病(*Phytoplasma*)、黃葉病(*Rice transitory yellowing virus*)等 6 種病害及褐飛蝨(*Nilaparvata lugens* (Stål))、白背飛蝨 (*Sogatella furcifera* (Horvath))、斑飛蝨(*Laodelphax striatella* (Fallen))、二化螟蟲(*Chilo suppressalis* (Walker))等 4 種蟲害。在上述水稻抗病蟲檢定中，較具成效且選出具有抗性品種並推廣給農民種植者只有抗稻熱病、白葉枯病、縞葉枯病、褐飛蝨、白背飛蝨及斑飛蝨之檢定。展望今後水稻抗病蟲檢定，需要植物病理、昆蟲專家與水稻育種人員密切合作，各盡其職，團隊合作才能落實；此外應加強利用分子生物技術於抗病蟲檢定及育種體系，以提昇檢定成效並縮短抗性品種育成所需時日。

（關鍵詞：水稻、稻作病害、稻作蟲害、抵抗性、檢定）

---

*通訊作者。E-mail: chenlgce@dns.caes.gov.tw

緒　言

台灣地處亞熱帶，高溫多濕，極適宜病蟲害發生繁衍。台灣稻作病害文獻記載的有 75 種，常見的有 16 種，每年水稻因病害的損失，據估計約 6%左右[15]。台灣水稻害蟲已記錄的有 140 餘種，其中造成經濟損失之害蟲有 10 餘種，據 1972 至 1975 年調查，水稻害蟲之爲害在第一期作可造成 15.4%之稻穀損失，第二期作損失更高達 29.9%[19]，可見水稻病蟲害防治在穩定稻作生產上扮演極爲重要之角色。水稻病蟲害發生之種類及程度受水稻品種、耕作方式與氣候條件等影響變動甚大。

台灣水稻病蟲害防治，植物保護專家建議以栽培抗主要病蟲害品種爲主體，配合稻種消毒、田間衛生、栽培管理及害蟲天敵之保育與利用等措施，並以適時施用藥劑爲輔，建立一個既可確保水稻生產，又兼顧生態環境的綜合防治體系[18]。因此，國內各稻作改良場所均以選育抗病抗蟲品種爲其主要育種目標之一，爲配合水稻育種，針對國內主要之病蟲害如稻熱病(*Magnaporthe grisea* (Hebert) M. E. Barr.)、紋枯病(*Thanatephorus cucumeris* A.B. (Frank) Donk)、白葉枯病(*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Ishiyama) Swings et al. 1990)、縞葉枯病(*Rice stripe virus*)、黃萎病(*Phytoplasma*)、黃葉病(*Rice transitory yellowing virus*)及褐飛蝨(*Nilaparvata lugens* (Stål))、白背飛蝨(*Sogatella furcifera* (Horvath))、斑飛蝨(*Laodelphax striatella* (Fallen))、二化螟蟲(*Chilo suppressalis* (Walker))等設置統一檢定圃進行抗病蟲篩檢工作。由於檢定項目多達 10 種，檢定時間長達二、三十年，檢定資料繁多，加以時間倉促，茲僅就歷年來各項檢定工作成果摘要報告如后，以提供有關人員參考。

水稻抗病蟲害檢定方法與標準

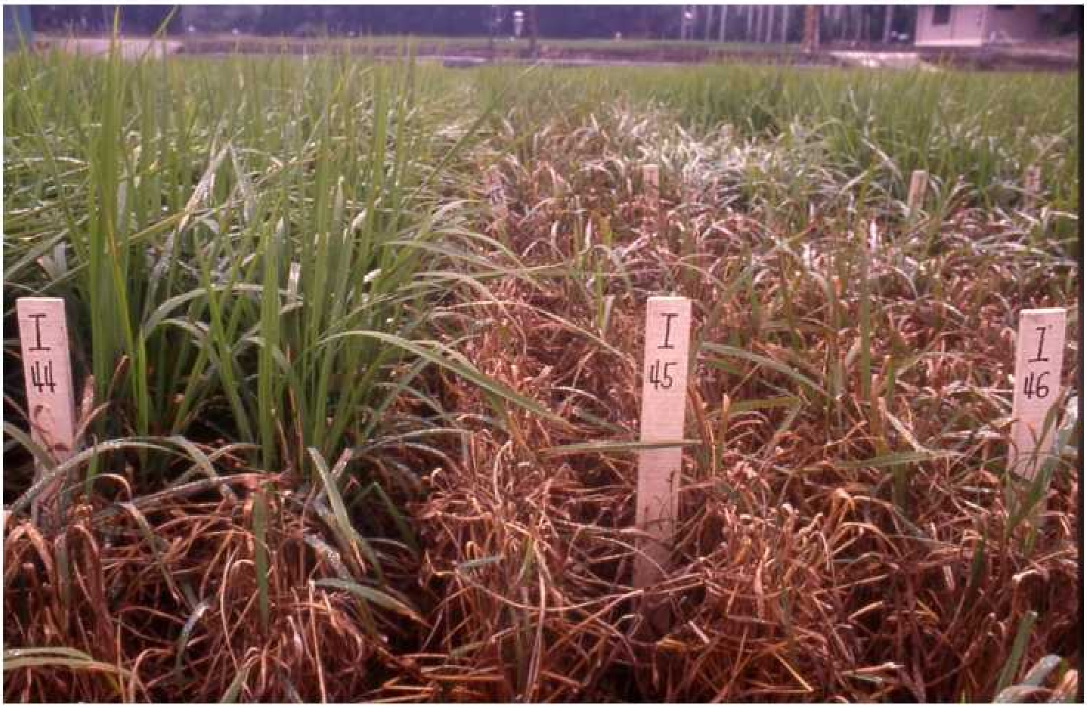
一、稻熱病抗性檢定方法與標準

稻熱病爲台灣水稻最主要病害之一，尤其是第一期稻作最主要病害。早期水稻抗稻熱病檢定，係由各場所各自辦理，並無統一之檢定方法與標準，所得結果亦難以比較。自 1956 年起在當時農復會補助下，在稻熱病主要發生地區之宜蘭壯圍、台中東勢及嘉義市設置統一病圃 3 處，翌年增設屏東萬巒病圃，1960 年增設台東關山病圃合計 5 處，分由台北、台中、高雄及台東區農業改良場與嘉義農業試驗分所等場所負責執行檢定工作。惟 1965 至 1973 年間，因故此項工作停辦多年。繼後在各場所要求下，於 1974 年起恢復設置，並將檢定結果列爲新品種命名推廣之重要參考資料。

稻熱病統一病圃分爲水田式及旱田式病圃(圖一、二、三)兩種。水田式病圃分設於台灣東北部之宜蘭壯圍、中部之台中東勢(1956～1974)或南投竹山(1975～1979)或國姓

(1980～1981)、中南部之嘉義市、南部之屏東萬巒及東部之台東關山等 5 處，惟 1982 年以後因經費關係只保留嘉義及關山等兩處，而旱田式病圃則僅設置於嘉義。水田式病圃主要檢定國內各稻作改良場所新育成高級試驗以上品系及主要推廣品種，旱田式病圃除檢定水田式病圃參試材料外，另檢定各場所新育成初級試驗品系、雜交後代系統以及國際稻熱病圃(International Rice Blast Nursery)參試品種(系)。水田式病圃一般設置於第一期作，調查葉及穗稻熱病；旱田式病圃則兩期作均有設置，僅調查葉稻熱病。統一病圃主要係施用重氮肥、遍植感病品種及噴水保持濕度，以促進發病。

稻熱病檢定調查方法及標準，在 1956～1964 年及 1974～1978 年間葉稻熱病之調查係依照農林廳編印之葉稻熱病罹病程度調查基準圖，以肉眼查定病斑面積率，穗稻熱病則調查被害穗率及其罹病率[16]。惟由於該調查標準及等級歸類不儘理想，經過育種人員與植物病理專家開會討論後，自 1979 年起改參照國際稻熱病圃之調查方法與標準[22]實施，其中葉稻熱病之調查標準係依其病斑型及感病型病斑面積率而區分爲 0～9 級，0 級爲極抗，1～3 級爲抗，4～5 級爲中抗，6 級爲中感，7～8 級爲感，9 級爲極感。穗稻熱病則依其罹病穗率而區分爲 6 級，0 級爲極抗，1 級爲抗，3 級爲中抗，5 級爲中感，7 級爲感，9 級爲極感。



圖一、水田式病圃葉稻熱病檢定
Fig. 1. Screening for rice varietal resistance to leaf blast in paddy nursery.

圖二、水田式病圃穗稻熱病檢定
Fig. 2. Screening for rice varietal resistance to panicle blast in paddy nursery.

圖三、旱田式病圃檢定
Fig. 3. Screening for rice varietal resistance to leaf blast in upland nursery.

二、白葉枯病抗性檢定方法與標準

台灣水稻白葉枯病於 1951 年由日人橋岡氏(Hashioka)發現，但當時發生輕微，直至 1957 年推廣台中在來 1 號及利用此品種做爲雜交親本，育成耐肥及半矮性品種後，白葉枯病逐漸變成台灣水稻重要病害。1974 年因推廣嘉農秈 8 號及 11 號更引起急性萎凋病(Kresek)，此兩品種停止栽培後，田間急性萎凋型病徵亦隨之消失[20]。歷年來白葉枯病爲害面積由數百至數萬公頃不等，其防治藥劑雖有少數可被利用，但效果不彰，預防此病仍端賴抗病品種之育成，而水稻抗白葉枯病檢定，係育成抗病品種之必要步驟。有鑑於此，台灣省稻作改進育種技術小組於 1970 年第 25 次會議時決議，參加秈稻區域試驗品種(系)須於 1971 年起進行白葉枯病檢定，並由台中區農業改良場負責執行，採用剪葉法接種中央研究院 604 菌株。自 1975 年起正式由台中場進行秈稻抗白葉枯病檢定，1976 年起加入粳稻育種材料，並在第一、二期作均進行檢定，調查方法與標準則依據國際稻米研究所(International Rice Research Institute)建立的標準[22]進行，並將抗病等級區分爲 0～9 級。1988 年起接種源改由農業試驗所提供並增加爲 Type 1、2、3、4 等四種不同病原型，1994 年起由農業試驗所提供致病性較強之第一病原群(XM-42)及第三病原群(XF-81)兩菌株爲接種源，2003 年後改爲 XM-42 及 XF-89b 兩菌株。

三、紋枯病抗性檢定方法與標準

紋枯病早期被認爲在第二期作發生面積及爲害程度比第一期作嚴重，但自 1966 年第一期作紋枯病發病面積遽增，而後兩期作紋枯病之發病面積互有多寡。水稻抗紋枯病檢定在 1961 至 1973 年間由各試驗改良場所自行檢定，1974 年起在農復會計畫補助下，開始設置統一檢定圃，並由台南區農業改良場嘉義分場負責執行，就各場所高級試驗以上品系及主要推廣品種進行檢定，並以稗稈稻爲感染對照品種。參試每品種(系)栽植一行，每行 11 株，第 4、8 株栽植稗稈稻以誘致發病，插秧後 60 天行人工接種，接種後田間經常保持 2.5cm 水位，並使水經常流動，於抽穗後調查被害度[6]。1980 年以後改依國際稻米研究所之標準[22]實施， 並將發病程度分爲 1 級(抗)、3 級(中抗)、5 級(中感)、7 級(感)、9 級(極感)等 5 級。

四、縞葉枯病抗性檢定方法與標準

水稻縞葉枯病係由病毒(Virus)引起，經斑飛蝨媒介傳染。台灣在 1956 年已有記載，1969 年在台中大里水稻田發生，隨後 15 年間僅零星發生於中部及屏東地區，直至 1984 年第一期作發病面積驟增，發生範圍迅速擴及全台，尤其造成中南部稻作產量銳減，目前仍爲台灣最重要的稻作毒素病。

高雄區農業改良場於 1985 年開始就國內新育成品種(系)進行室內接種及田間病圃檢定[5]。室內檢定採用集體接種法，首先培養大量帶毒蟲，將室內飼養之無帶毒斑飛蝨

1-2 齡若蟲釋放於病株飼養 2-3 天，再移至健全植株飼養 10-12 天後成為帶毒蟲。供試稻種於室內催芽後播種於培養皿，每皿種 20 株，每品種(系)種兩個培養皿，水稻長至三葉期，移置接種箱，每箱放 16 個品種(系)，再釋放帶毒蟲平均一株苗 5 隻蟲，接種二日後，將稻苗移植於植缽，每缽 10 株，然後放置於網室內，約一個月後調查罹病株數，再換算成罹病率，罹病率 0～5%為極抗，5.1～20%為抗，20.1～40%為中抗，40.1～60%為感，60.1%以上為極感。田間病圃檢定設置於高雄場旗南分場，試驗田採逢機完全區集設計，每品種(系)種 4 行，每行 15 株，二重複，於分蘗盛期及抽穗期各調查一次，罹病率 0～10%為抗，11～30%為中抗，31～60%為感，60.1%以上為極感。惟田間病圃檢定易受斑飛蝨發生密度影響，常有發病不均勻及不穩定現象，自 1991 年起只行室內接種檢定。

五、黃萎病抗性檢定方法與標準

台灣水稻黃萎病於 1925 年由日人黑澤氏發現，光復前僅局部分佈於宜蘭、台北及新竹地區。1961 年台中、彰化地區亦有病情報導，1966 年桃園地區第二期作發生面積達 28,000 公頃，其中嚴重受害面積 3,000 公頃，產量損失達 90%，以後發生範圍逐漸擴及全台，1983 年以後發生面積驟減，1993 年以後發生更趨輕微。

黃萎病為菌質體(phytoplasma)所引起，由黑尾葉蟬媒介傳播。水稻品種抗黃萎病檢定首由農業試驗所於 1968 年接種 70 個品種對黃萎病之反應開始[4]。1970 年台中區農業改良場蒐集國內外水稻品種(系)，利用幼苗接種法及田間自然發病檢定法進行篩檢[13]。惟有系統的就國內各場所新育成品種(系)進行檢定則於 1976 年開始，並由台中場負責執行。檢定方法係於室內養蟲箱飼養帶毒媒介昆蟲供為接種蟲源，供試水稻品種(系)經催芽後，每一品種(系)種植 20 粒於盛土之培養皿上，待秧苗長至二葉期時，每箱 20 個培養皿隨機放入養蟲箱內接種 24 小時，接種後按品種(系)別移植於大型植盆內，並移置網室中，觀察記錄罹病率及病徵潛伏期，抗病等級依罹病率區分 0～10%為抗，10.1～20.0%為中抗，20.1～40.0%為中感，40.1%以上為極感。本項檢定工作自 1982 年起停辦。

六、黃葉病抗性檢定方法與標準

水稻黃葉病於 1960 年在屏東地區第二期作發生，起初土壤學者認為是一種由土壤引起之生理性障礙而稱之為窒息病，1962 年經邱人彰博士證實係經由黑尾葉蟬媒介傳播之一種新病毒病害。1962 年發病面積達最高峰有 25,635 公頃，此後發病程度逐年減輕，本病主要發生於第二期作，第一期作僅有零星發生，1980 年以後發病更趨輕微，1990 年代後幾無發生。

水稻抗黃葉病檢定首由高雄區農業改良場於 1965 年進行小規模篩檢[1]，1976 年起

正式就國內統一檢定圃材料進行抗黃葉病檢定。檢定方法係於室內養蟲箱飼養帶毒之黑尾葉蟬供接種之用，參試品種(系) 經催芽後，每一品種(系)播種 20 粒於盛土之培養皿上，待水稻生長至二葉期，逢機將 16 個品種(系)放入養蟲箱內，接種帶毒蟲，經過 48 小時後，將秧苗移植於栽盆中，並移置網室內，經過一個月後，調查其罹病率。罹病率 0～5.0%爲極抗，5.1～20.0%爲抗，20.1～40.0%爲中抗，40.1～60.0%爲感，60.1%以上爲極感。後因本病發生逐年減輕，本項檢定工作於 1979 年起停止辦理。

七、稻飛蝨抗性檢定方法與標準

爲害水稻之飛蝨類害蟲有褐飛蝨、白背飛蝨及斑飛蝨等三種，其中以褐飛蝨之爲害最爲嚴重，由於該蟲繁殖快速，成、若蟲均棲息於稻株基部吸取汁液爲害，若稍疏防治或防治不當，常導致水稻局部或全部枯萎倒伏，造成「蝨燒」。白背飛蝨近年來亦有逐漸增加之趨勢，尤以較避風之山背、山谷地區爲最，發生嚴重時亦可造成蝨燒。斑飛蝨亦常於水稻抽穗後蟲口密度增加造成危害。

嘉義農業試驗分所於 1968 年開始著手進行水稻抗褐飛蝨育種工作，隨後各場所亦相繼跟進，爲配合水稻抗褐飛蝨育種，自 1975 年起於嘉義農業試驗分所設置抗褐飛蝨檢定圃，進行抗褐飛蝨篩檢工作， 1987 年起增設白背飛蝨及斑飛蝨檢定圃。

水稻抗褐飛蝨檢定方法與標準，係參照國際稻米研究所開發之檢定辦法[22]，初始係採用盤栽秧苗檢定法(圖四)，按該檢定辦法，將水稻被害程度區分爲 6 級，其中 0～3 級爲抗，4～6 級爲中抗， 7～9 級爲感。惟在後續試驗中發現有些品種以一般秧苗檢定時呈感蟲反應，但在田間成株期則呈中等抗性反應，因此嘉義分所於 1985 年開發「田間抗蟲型」檢定法[17](圖五)，並自 1990 年開始將各場所參加統一檢定圃之材料同時進行秧苗期及成株期之抗性檢定，而抗白背飛蝨及斑飛蝨檢定則僅行秧苗期篩檢。

圖四、秧苗期抗褐飛蝨檢定
Fig. 4. Screening for rice varietal resistance to brown planthopper at seedling stage.

圖五、成株期抗褐飛蝨檢定
Fig. 5. Screening for rice varietal resistance to brown planthopper at adult stage.

八、二化螟蟲抗性檢定方法與標準

二化螟蟲原為台灣水稻主要害蟲，1970 年代由於農業機械化、耕作制度改變及第一期作插秧期提早等因素，致使二化螟蟲族群驟減而成為次要害蟲，惟自 1980 年代政府推行稻田轉作，稻稿復被利用於園藝作物栽培之畦面覆蓋材料，使二化螟蟲越冬場所驟增，導致其發生與為害又漸趨嚴重。

台灣從事水稻品種對二化螟蟲抵抗性研究，始於 1971 年由台中區農業改良場就蒐集之國內外水稻品種種植田間暴露於自然感染環境下進行篩檢[(2)]，而正式有系統的將國內各場所育成且參加統一檢定圃材料進行抗二化螟蟲檢定工作則自 1989 年開始由嘉義農業試驗分所植物保護系執行。將供試稻種條播於網室水槽中，每品種(系)播種一行，行距 20 ㎝，重複二次，待秧苗長至 10 ㎝時，每行保留 10 株，其餘拔除，稻株發育至分蘗中期(播種後約 30 天)，以 5g 粉碎稻殼混合室內飼養之 90 隻一齡幼蟲均勻接種於一行水稻上，接種後 40 天，調查被害枯心率。被害等級分為 0 級(極抗)：無枯心率，1 級(抗)：枯心率為 1～10%，3 級(中抗)：枯心率為 11～20%，5 級(中感)：枯心率為 21～30%，7 級(感)：枯心率為 31～60%，9 級(極感)：枯心率為 61%以上。後因檢定結果不穩定，且經費與人力不足等因素，本項檢定工作自 2004 年起停止辦理。

水稻病蟲害抗性檢定成果

一、抗稻熱病檢定成果

水稻抗稻熱病統一病圃開始設置於 1956 年，1965 至 1973 年間因故停辦，1974 年恢復設置，1982 年後僅保留嘉義及台東關山等兩處，歷年來之檢定結果已陸續發表於中華農業研究等刊物上[(7,8,9,10,11,12)]。雖然歷年之氣候環境不同，參與檢定之品種(系)不一，各病圃之環境條件及發病程度亦有差異，惟各病圃間之檢定結果大體一致，茲將 1974 年後稻熱病統一病圃檢定結果綜合摘要報告於后：

1.一般水稻品種(系)對葉稻熱病之抵抗性較穗稻熱病為強，亦即水稻品種(系)較易罹患穗稻熱病。

2.水稻品種(系)對葉稻熱病之抵抗性雖較穗稻熱病為強，但對兩種病害之抵抗性反應大體一致，尤其是稉稻，其兩者間有顯著之相關性(r^2=0.24*～0.79**)，顯示稉稻抗葉稻熱病之品種(系)，大多能抗穗稻熱病；而秈稻對兩者之反應則較不一致(r^2=0.23～0.99**)。

3.稻熱病一般在第一期作較第二期作發生嚴重。稉稻品種(系)在第一期作較第二期作容易罹病，惟其在兩期作間之反應頗為一致(r^2=0.52**～0.88**)；而秈稻對稻熱病之反應

則與粳稻不同，即其在第二期作之罹病率高於第一期作，且其對稻熱病之反應在兩期作間較不一致(r^2=0.15～0.83**)。

4.水稻品種(系)在各病圃間之發病程度雖有不同，但在各病圃間對稻熱病之反應均達極顯著之相關(粳稻 r^2=0.66**～0.78**，秈稻 r^2=0.69**～0.89**)，顯示水稻在各病圃間之反應頗相一致。

5.水稻品種(系)在旱田式病圃之發病程度較水田式病圃嚴重，但其在兩種病圃間之反應則頗爲一致(r^2=0.50**～0.87**)。雖然旱田式病圃無法檢定穗稻熱病，但可由葉稻熱病之反應間接推測其對穗稻熱病之反應，且旱田式病圃設置較容易，不但可節省人力、地力，更可早期監測抗病品種之罹病化情形，提供防治之訊息。

6.1974 年後經稻熱病統一病圃篩檢選出之抗稻熱病品種共有台農 62 號等 55 個，其中粳稻有 37 個，秈稻有 18 個(表一)；惟多數品種之抗病性，因稻熱病菌生理小種之改變，在大面積栽植 1-2 年後即崩潰，且目前已大多淪爲感病(表二)。

7.目前台灣推廣栽培之 13 個良質米推薦品種中只有桃園 1 號、台東 30 號及台中秈 10 號等 3 個品種尚維持中等抗性外，其他品種均已呈感病或極感反應(表三)。

表一、台灣 1974 至 2008 年育成之抗稻熱病水稻品種
Table 1. The rice varieties resistant to blast disease released in Taiwan during 1974～2008

Year	Varieties
1975	Tainung 62，Tainan 6，Kaohsiung 139
1976	Kaohsiung 140，Taichung Sen 3
1978	Kaohsiung Sen 7
1979	Taitung 29，Tainung Sen 12，Taichung Sen 10
1980	Kaohsiung 141
1981	Taichung Sen 16
1982	Tainung 68，Tainung Sen 14
1983	Taichung 189
1984	Tainung 69，Tainung Sen 18、19，Taichung Sen 17，Taichung Sen Glutinous 1
1985	Tainung 70，Tainan 9
1986	Taichung 190，Taichung Sen 20
1987	Kaohsiung 142
1988	Taisen 1
1990	Taikeng Glutinous 1，Taikeng 3
1992	Taikeng 7、8
1993	Taikeng 10
1994	Taikeng 11，Taisen Glutinous 2
1995	Taikeng 12、13
1996	Taikeng 14、15、16
1998	Taikeng 17，Taisen 2
2001	Kaohsiung 143，Taoyuan 1
2002	Taitung 30，Hualien 19
2003	Tainan Glutinous 10
2004	Tainan 11，Hualien 20，Tainung Sen 22，Kaohsiung Sen Glutinous 8
2005	Taoyuan 4，Tainan Glutinous 12
2006	Tainung 75，Taichung Sen Glutinous 2
2007	Tainung Sen Glutinous 21
2008	Kaohsiung 146，Hualien 21

表二、台灣粳稻抗病品種之抗源及其抗病年限
Table 2. The resistant sources and its fading in Japonica rice resistant varieties in Taiwan

Variety	Released year	Turn susceptible in (year)	Resistant period(year)	Resistant sources
Tainung 62	1975	1977	2	CI5309
Tainan 6	1975	1975	0	Reishiko
Taitung 29	1979	1979	0	Reishiko
Kaohsiung 141	1980	1981	1	Reishiko
Taichung 189	1983	1986	3	NC4、T(N)1
Tainung 69	1984	1984	0	CI5309
Tainung 70	1985	1985	0	CI5309
Tainan 9	1985	1986	1	NC4、JR80
Kaohsiung 142	1987	1988	1	Reishiko
Taikeng Glu. 1	1990	1995	5	Reishiko
Taikeng 7	1992	1993	1	Zenith、Reishiko
Taikeng 8	1992	1993	1	NC4、JR80、T(N)1
Taikeng 10	1993	1993	0	NC4、CI5390、T(N)1
Taikeng 11	1994	1995	1	NC4、Reishiko
Taikeng 12	1995	1998	3	Reishiko
Taikeng 13	1995	1996	1	C46-15
Taikeng 14	1996	1998	2	Tetep、CI5309
Taikeng 15	1996	1997	1	NC4、JR80、Reishiko
Taikeng 16	1996	1998	2	NC4、JR80
Taikeng 17	1998	1999	1	CI5309、Milyang79
Kaohsiung 143	2001	2002	1	Reishiko
Taoyuan 1	2001	2002	1	Reishiko
Taitung 30	2002	2003	1	Reishiko
Hualien 19	2002	2006	4	CI5309、TKM6、T(N)1
Tainan Glu.10	2003	2006	3	CI5309、Reishiko、NC4、JR80、T(N)1
Tainan 11	2004	2006	2	NC4、JR80、T(N)1
Taoyuan 4	2005	2006	1	NC4
Tainan Glu.12	2005	2006	1	NC4、JR80
Tainung 75	2006	2008	2	TM6
Mean			1.5	

表三、水稻良質米品種對稻熱病之反應
Table 3. Response of the good quality rice varieties to blast disease

Variety	Paddy nursery				Upland nursery	
	Leaf blast		Panicle blast		Leaf blast	
	Chiayi	Kunshan	Chiayi	Kunshan	1st crop	2nd crop
Taikeng 2	MS	HS	S	HS	HS	S
Taikeng 5	MS	S	HS	HS	HS	S
Taikeng 8	MR	MR	S	MS	HS	MR
Taikeng 9	S	S	HS	HS	HS	HS
Taikeng 14	MR	MR	MS	MS	S	MS
Taikeng 16	S	HS	HS	HS	HS	HS
Tainung 71	S	S	HS	HS	S	S
Taoyuan 1	MR	R	MR	MS	MR	MR
Tainan 11	S	S	HS	HS	HS	HS
Kaohsiung 139	S	S	S	HS	HS	S
Kaohsiung 145	MR	MS	HS	HS	HS	S
Taitung 30	MR	MR	MR	MS	MS	MS
Taichung Sen 10	R	R	R	MS	MR	MR

二、抗白葉枯病檢定成果

台灣水稻抗白葉枯病統一病圃於 1976 年起由台中區農業改良場負責執行。自 1976 至 2008 年間計檢定國內外水稻品種(系)數達 10,389 個，由於歷年參試品種(系)不一，且採用之接種菌株不同(1976 至 1987 年爲中央研究院提供之 604 菌株，1988 至 1991 年改由農業試驗所提供之 Type 1、2、3、4 菌株，1992 年改爲農試所提供之 XM 42 及 XF 71a 菌株，1994 至 2002 年接種菌株爲 XM 42 及 XF 81，2003 年以後爲 XM 42 及 XF 89b 菌株)，致檢定結果難以比較，茲僅就不同時期之檢定結果簡要報告於后。

自 1976 至 1987 年之 11 年間(缺 1985 年檢定資料)白葉枯病檢定圃計檢定 2,289 個品種(系)，其中稉稻有 1,596 個，秈稻有 693 個，檢定結果對 604 菌株表現抗性反應者有 957 個，占參試品種(系)之 41.8%；其中稉稻有 677 個，爲參試稉稻之 42.4%；秈稻有 280 個，爲參試秈稻之 40.4%；可見在此一時期之參試材料中，稉稻與秈稻參試品種(系)對 604 菌株之反應頗爲相近。1988 至 1991 年之 4 年間，白葉枯病檢定圃計檢定 1,176 個品種(系)，其中稉稻有 950 個，秈稻有 226 個，檢定結果對農業試驗所之 Type 1、2、3、4 等四個菌株均呈現抗性反應者有 65 個，占參試品種(系)之 5.5%；其中稉稻有 41 個，爲參試稉稻之 4.3%；秈稻有 24 個，爲參試秈稻之 10.6%；在此時期秈稻品種(系)對四個菌株之抵抗性較稉稻爲佳，此與以往認爲秈稻較容易感染白葉枯病之情況迥異，過去亦有類似報導[3]。1994 至 2002 年間，白葉枯病檢定圃計檢定 3,812 個品種(系)，

檢定結果對農業試驗所之 XM 42 及 XF 81 兩菌株表現較佳抗病性者有 226 個，占參試材料之 5.9%。2003 至 2008 年間計檢定 2,322 個品種(系)，對 XM 42 及 XF 89b 兩菌株表現較佳抵抗性者有 133 個，占參試材料之 5.7%。

綜合歷年來經白葉枯病統一病圃選出之抗病品種計有 14 個，其中稉稻有 8 個，秈稻有 6 個(表四)。其中除 1991 年育成之台稉 6 號爲對 Type 1、2、3、4 等四個菌株均表現較佳抵抗性外，其他品種均係 1987 年以前育成且係抗 604 單一菌株之品種，顯見欲育成能抵抗多種菌株之穩定抗病品種仍有待加強。

表四、台灣在 1976 至 2008 年後育成之抗白葉枯病品種

Table 4. The rice varieties resistant to bacterial leaf blight released in Taiwan during 1976～2008

Year	Varieties
1977	Taichung Sen 5
1979	Taitung 29，Tainung Sen 12
1980	Kaohsiung 141，Tainan Sen 15
1982	Tainung 68，Tainung Sen 14
1983	Tainan 7
1984	Tainung 69，Tainung Sen 18，Taichung Sen Glutinous 1
1985	Tainan 9
1987	Tainung 72
1991	Taikeng 6

三、抗紋枯病檢定成果

水稻紋枯病檢定自 1974 年於台南區農業改良場嘉義分場設置統一檢定圃以來已檢定一萬多個品種(系)，在歷年檢定結果中雖未發現有高度抗病品種，但品種(系)間對紋枯病之抵抗性程度確有不同，並發現有 Blue Bell，C4-63，Usen，Firooz-1，Samba，Amberbock 及 Ta-poo-cho-z 等高稈品種及 Raminad Str. 3 及 Acc. 52 等晚熟品種具有較佳之抵抗性[6]。又經調查發現水稻株高、植株分散度及生育日數等均與紋枯病被害度呈負關係[21]，顯示植株較高者、植株分散度較大者及較晚熟品種(系)其對紋枯病較具抵抗性，惟此現象被認爲係屬“逃避現象„，而非真正抗病性。由於缺乏抗病種源，致迄今仍未有抗紋枯病品種問世，但新育成品種(系)經由病圃篩檢結果瞭解其對紋枯病之抵抗性程度，可提供水稻品種推廣栽培及防治之參考。因此，今後新育成品種(系)仍有繼續篩檢之必要。

四、抗縞葉枯病檢定成果

水稻品種(系)抗縞葉枯病檢定於 1985 年起設置於高雄區農業改良場，初期除進行室內接種檢定外，尚設有田間檢定圃，惟田間病圃常有發病不穩定及不均勻現象，自 1991 年起只進行室內接種檢定。自 1985 至 2008 年之 24 年間除 1995 年因故未進行檢定外，共檢定 4,272 個品種(系)，其中對縞葉枯病表現抗病者有 1,596 個品種(系)， 占參試品種(系)之 37.4%，且秈稻對縞葉枯病之抵抗性遠較稉稻為佳。據統計 1986 至 1994 年間參試品種(系)有 1,461 個，其中稉稻有 1,186 個，秈稻有 275 個；抗縞葉枯病者稉稻有 520 個，為參試稉稻之 43.8%；秈稻有 232 個，為參試秈稻之 84.4%，可見秈稻品種(系) 對縞葉枯病之抵抗性遠較稉稻為強。自 1985 年檢定圃設置以來育成之抗縞葉枯病品種計有 11 個，其中稉稻有台農 72 號、台稉 1、2、3、9 號等 5 個；秈稻有台秈 1 號、台秈糯 2 號、台秈 2 號、高雄秈糯 8 號、台農秈 22 號及台中秈糯 2 號等 6 個。

五、抗黃萎病檢定成果

水稻抗黃萎病檢定圃於 1976 年起正式設置於台中區農業改良場。自 1976 至 1981 年間計檢定 942 個國內外品種(系)，其中稉稻 605 個，秈稻 337 個，檢定結果表現抗病反應者有 39 個，占參試品種(系)之 4.1%；其中稉稻有 8 個，為參試稉稻之 1.3%；秈稻有 31 個，為秈稻之 9.2%；顯示秈稻對黃萎病之抵抗性較稉稻為強，此與前人之研究報告相似[13]。本項檢定工作由於黃萎病於 1980 年代以後發生面積驟減而於 1982 年起停止辦理。

六、抗黃葉病檢定成果

水稻抗黃葉病檢定圃於 1976 年起由高雄區農業改良場負責執行。自 1976 至 1978 年之三年期間計檢定國內外水稻品種(系)496 個，其中稉稻 336 個，秈稻 160 個，檢定結果呈現抗病反應者有 71 個，占參試材料之 14.3%；其中稉稻有 29 個，為參試稉稻之 8.6%；秈稻有 42 個，為參試秈稻之 26.3%；顯見秈稻對黃葉病之抵抗性亦較稉稻為強。後因本病發生逐年減輕而於 1979 年停止辦理。

七、抗稻飛蝨檢定成果

台灣水稻抗褐飛蝨育種，首由嘉義農業試驗分所於 1968 年著手進行，隨後各場所亦相繼投入抗蟲育種工作，為配合抗蟲育種之進行，於 1975 年起在嘉義農業試驗分所設置抗褐飛蝨檢定圃，並於 1987 年增設白背飛蝨及斑飛蝨檢定圃。台灣第一個抗褐飛蝨之秈稻(嘉農秈 11 號)及稉稻(台農 68 號)分別於 1973 年及 1982 年育成推廣。其後抗褐飛蝨品種陸續育成，至 2008 年育成推廣之抗褐飛蝨品種共有 31 個，其中稉稻 12 個，秈稻 13 個，稉糯 2 個及秈糯 4 個[12,14] (表五)。惟就各抗蟲品種之抗源觀之，秈稻品種

之抗源較廣且多樣，而稉稻之抗源較爲狹窄而單一，且大多來自 Mudgo 具有 Bph 1 基因，台農 68 號及台稉 5 號等則具有 ASD 7 之 bph 2 基因，台農 69 號及台南糯 10 號其抗性來自野生稻 *O.rufipogon*，對褐飛蝨生物小種 1、2、3 型均具抗性，但其抗蟲基因有待鑑定；此外台農 75 號除具有 Mudgo 之 Bph 1 基因外，可能尚具有 TM 抗源(台農 67 號疊氮化鈉誘變品系)；而台中秈 17 號、台農秈糯 2 號、台秈 1 號、高雄秈糯 8 號及台中秈糯 2 號等可能含有野生稻 *O.nivara* 之抗蟲基因。目前主要栽培之良質米推薦品種中只有台稉 16 號、台南 11 號尚維持良好之抗蟲性外，台稉 2 號、5 號及台東 30 號已淪爲感蟲，而台中秈 10 號雖在成株期之檢定圃中仍表現中等抗性(表六)，但近年來在中部之彰化、台中地區栽植時常有「蝨燒」情形發生，可能與當地褐飛蝨族群中生物小種(biotype)2 及 3 型比例增高有關，尚待進一步之探討[12]。雖然台灣並未有專爲抗白背飛蝨及斑飛蝨之育種計畫，但各試驗改良場所育成之高級試驗以上品種(系)對白背飛蝨及斑飛蝨爲害之反應，均經嘉義分所以秧苗接蟲危害方式進行篩檢，亦相繼分別選出對白背飛蝨及斑飛蝨具有抵抗性之品種 23 個及 29 個且已被命名推廣[14] (表五)。

七、抗二化螟蟲檢定成果

水稻抗二化螟蟲檢定圃於 1989 年起設置於嘉義農業試驗分所。惟 1989 年至 1995 年間檢定資料因年久缺如，1996 至 2003 年之 8 年間計檢定水稻品種(系)1,694 個，其中稉稻 1,424 個，秈稻 270 個，檢定結果對二化螟蟲具有中抗以上反應者有 348 個，占參試品種(系)之 20.5%；其中稉稻有 331 個，爲參試稉稻之 23.2%；秈稻有 17 個，爲參試秈稻之 6.3%；顯示稉稻對二化螟蟲之抵抗性較秈稻爲強，此或係與二化螟蟲偏好稻稈較粗之秈稻有關，惟二化螟蟲被害率較低者係逃避或真正呈現抵抗性仍有待進一步測定，而自 1989 年以來台灣育成之水稻品種並無真正對二化螟蟲具有抵抗性者。

表五、台灣育成水稻對褐飛蝨、白背飛蝨及斑飛蝨之抗性品種

Table 5. The rice varieties resistant to brown planthopper、white backed planthopper and smaller brown planthopper released in Taiwan during 1973～2008

Variety	Released year	Response		
		Brown planthopper	White backed planthopper	Smaller brown planthopper
Chianung Sen 6	1973	S	R	R
Chianung Sen 8	1973	S	MR	R
Chianung Sen 11	1973	R	R	R
Taichung Sen 3	1976	S	MR	R
Taichung Sen 5	1977	S	MR	R
Kaohsiung Sen 7	1978	R	S	S
Taichung Sen 10	1979	MR	S	R
Tainung Sen 12	1979	R	-	R
Tainan Sen 15	1980	S	S	MR
Taichung Sen 16	1981	MR	R	R
Tainung Sen 14	1982	R	MR	R
Tainung 68	1982	MR	S	S
Taichung Sen 17	1984	R	S	MR
Tainung Sen 18	1984	R	MR	MR
Tainung Sen 19	1984	R	MR	R
Taichung Sen Glu. 1	1984	MR	MR	MR
Tainung Sen Glu. 2	1984	R	S	MR
Tainung 69	1984	R	R	MR
Tainung 70	1985	MR	MR	S
Tainung Sen 20	1986	R	S	R
Tainung 72	1987	R	S	R
Taikeng 1	1988	MR	S	S
Taisen 1	1988	MR	S	R
Taikeng 2	1989	MR	MR	S
Taikeng 5	1990	MR	S	S
Taisen Glu. 2	1994	S	MR	R
Taikeng 16	1996	R	R	R
Taisen 2	1998	MR	S	MR
Taitung 30	2002	R	MR	S

表五、台灣育成水稻對褐飛蝨、白背飛蝨及斑飛蝨之抗性品種(續)

Table 5. The rice varieties resistant to brown planthopper、white backed planthopper and smaller brown planthopper released in Taiwan during 1973～2008 (continued)

Variety	Released year	Response		
		Brown planthopper	White backed planthopper	Smaller brown planthopper
Tainan Glu.10	2003	R	S	S
Tainan 11	2004	MR	MR	R
Taoyuan 3	2004	S	MR	MR
Taitung Glu. 31	2004	MR	MR	MR
Tainung Sen 22	2004	MR	S	MR
Kaohsiung Sen Glu. 8	2004	MR	MR	MR
Tainan Glu.12	2005	S	MR	S
Tainung 75	2006	R	R	R
Tainung Sen Glu.21	2006	MR	MR	R
Hualien 21	2008	MR	S	S

表六、水稻良質米品種對稻飛蝨之反應

Table 6. Response of the good quality rice varieties to three rice planthoppers

Variety	Brown planthopper		White backed planthopper	Smaller brown planthopper
	Seedling stage	Adult stage		
Taikeng 2	S	S	MR	S
Taikeng 5	S	S	S	MR
Taikeng 8	S	S	S	S
Taikeng 9	S	S	S	S
Taikeng 14	S	S	S	MR
Taikeng 16	R	MR	S	MR
Tainung 71	S	S	S	S
Taoyuan 1	S	S	S	S
Tainan 11	R	MR	S	MR
Kaohsiung 139	S	S	S	S
Kaohsiung 145	S	S	S	MR
Taitung 30	S	S	S	S
Taichung Sen 10	S	MR	S	S

結　語

水稻抗病抗蟲檢定爲水稻育種程序中重要的一環，其結果除了提供新品種命名審核之依據外，並據以作爲推廣栽培時防治病蟲害之重要參考，此等團隊分工合作精神，在其他作物中並不多見，實亦爲台灣農業奇蹟之一。

主持及參與此一檢定工作的研究人員，默默的工作，雖然個別的表現並不傑出，亦不受長官的青睞，然而由於無數個歲月的付出，成就了今日台灣水稻新品種的更臻完美，其貢獻值得欽佩。但願此一裨益於稻米產業的工作仍能在政策及經費支持下繼續推動，讓台灣水稻產業持續精進並永續經營。

謝　辭

水稻病蟲害抗性檢定試驗先後承蒙行政院農業委員會及動植物防疫檢疫局補助部份經費，謹致謝忱。並感謝歷年來各稻作試驗改良場所參與各項檢定工作同仁們默默的付出與辛勞。

引用文獻

1. 吳育郎、謝英鐸、蘇俊茂。1968。水稻黃葉病之品種反應檢定及初步防治效果。台灣農業　4(4)：132-139。
2. 林再發。1971。水稻品種對二化螟蟲抵抗性之研究。台灣農業　7(4)：163-170。
3. 林金樹、張素貞。1992。水稻白葉枯病之研究 I .新品系對不同病原群之反應。台中區農業改良場研究彙報。　35：25-31。
4. 邱善美、林明華、黃真生。1968。水稻品種對黃萎病抗病性之初步檢定試驗。農業研究　17(4)：19-23。
5. 高雄區農業改良場。1986。水稻縞葉枯病室內外檢定。稻作改良年報(民國 74 年)，第 316-318 頁。台灣省政府農林廳印。
6. 莊商路、黃振增。1975。水稻品種(系)抗紋枯病檢定試驗。稻作改良年報(民國 63 年)，第 83-88 頁。台灣省政府農林廳印。
7. 陳隆澤。1983。水稻品種(系)對稻熱病抵抗性之反應。中華農業研究　32(1)：1-13。
8. 陳隆澤。1990。水稻品種(系)對稻熱病之抵抗性反應。中華農業研究　39(4)：303-314。

9. 陳隆澤、楊遜謙、陳一心。1990。水稻品種(系)對稻熱病抵抗性之檢定。稻作病蟲害發生預測專輯-稻熱病，第 75-94 頁。台灣省農業試驗所特刊第 30 號。
10. 陳隆澤、陳一心、程永雄。2004。1990 至 2002 年台灣水稻品種(系)抗稻熱病檢定。中華農業研究 53(4)：269-283。
11. 陳隆澤、蔡武雄。2008。台灣水稻抗稻熱病育種之成果與未來策略。農業世界 300：42-51。
12. 陳隆澤、陳榮坤、黃守宏、鄭清煥。2009。水稻抗稻熱病及褐飛蝨檢定成果與未來發展。良質米品種改良暨農村人力資源研討會專刊，第 1-13 頁。花蓮區農業改良場印。
13. 陳慶忠、柯文華。1976。水稻品種對黃萎病抵抗性之研究Ⅱ.水稻品種對黃萎病抵抗性檢定。植保會刊 18：207-217。
14. 黃守宏、鄭清煥。2008。水稻品種抗蟲育種的成果與未來策略。農業世界 300：34-41。
15. 張義璋。2003。台灣水稻病害之綜合管理。台灣作物病蟲害管理研討會專刊，第 39-60 頁。農業試驗所特刊 106 號。
16. 臺灣省政府農林廳編。1985。台灣省水稻病蟲害發生預測。臺灣省政府農林廳印。南投。382 頁。
17. 鄭清煥。1985。「田間抗蟲型」稻種對褐飛蝨抗性檢定方法之研究。中華昆蟲 5：11-18。
18. 鄭清煥。2002。台灣水稻病蟲草概述及防治管理。水稻保護(上冊)，第 8-12 頁。鄭清煥編。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局印。
19. 鄭清煥、朱耀沂。1999。稻作蟲害及其防治。台灣稻作發展史，第 423-466 頁。鄧耀宗編。台灣省政府農林廳發行。
20. 謝式坢鈺。2003。水稻白葉枯病。水稻保護(下冊)，第 323-338 頁。鄭清煥主編。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局印。
21. 蘇先平。1980。水稻品種(系)植株性狀與紋枯病發生之相關性研究。稻作改良年報(民國 68 年)，第 79-85 頁。台灣省政府農林廳印。
22. International Rice Research Institute. 1980. Stand Evaluation System for Rice. 2nd ed. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippine. 44pp.

Abstract

Chen, L. C.,* Huang, S. H., and Cheng, C. H. 2009. Review of the screening tests for rice varietal resistance to major diseases and insect pests in Taiwan. pp.83-103. *In*: Proceedings of Symposium on Achievements and Perspectives of Rice Protection in Taiwan. 160 pp. (Chia-yi Agricultural Experiment Station, Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Chia-yi 600, Taiwan, ROC.)

The screening tests of rice varietal resistance to major diseases and insect pests is an important part of rice breeding process in Taiwan. This paper reviews the progress in screening tests of rice varietal resistance to diseases and insect pests during past 35 years. In past, there are more than ten thousand rice varieties and strains have been screened for their resistance to rice blast (*Magnaporthe grisea* (Hebert) M. E. Barr.), bacterial leaf blight (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Ishiyama) Swings et al. 1990), sheath blight (*Thanatephorus cucumeris* A.B. (Frank) Donk), rice stripe (*Rice stripe virus*), rice yellow dwarf (*Phytoplasma),* rice transitory yellowing(*Rice transitory yellowing virus*)*,* brown planthopper (*Nilaparvata lugens* (Stål)), white backed planthopper (*Sogatella furcifera* (Horvath)), smaller brown planthopper (*Laodelphax striatella* (Fallen)), and striped rice borer (*Chilo suppressalis* (Walker)). However, among these tests, only a few resistant rice varieties were released for commercial cultivation, whether they were resistance to blast, bacterial leaf blight, stripe, brown planthopper, white backed planthopper or smaller brown planthopper. Since the work on the area of varietal resistance to diseases and insect pests only can be achieved by a close cooperation of rice breeder, plant pathologist and entomologist, encouragement of these researcher working together is the most importance to accelerate the progress of research in the future. Besides, developing and appling the new molecular techniques to enhance the test efficiency and shorten the time for developing resistant varieties are also needed urgently.

(Key words: rice, rice diseases, rice insect pests, resistance, screening test)

水稻防治藥劑對水稻生理之影響

蔣永正*

台中縣霧峰鄉 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所 公害防治組

摘　要

蔣永正. 2009. 水稻防治藥劑對水稻生理之影響. 台灣水稻保護成果及新展望研討會專刊，第 105-119 頁. 倪蕙芳、楊宏仁編. 160 頁. 農業試驗所印。

化學防治為現代病、蟲、草等害物管理的主要方式。一般農藥在上市前，必須通過藥效及藥害測定，因此依循登記之作物範圍及方法，在非極端氣候下施用，是不致有藥害發生的疑慮。藥害的發生與施用藥量過高、噴施方式不正確、或混合藥劑間的物化性不相容有關。一般水稻藥害多發生在移植初期、幼穗分化期或穀粒充實等敏感生育期。大多數栽培者基於省工及掌握控制時效等因素，在使用殺蟲劑或殺菌劑等對植物毒性較低之藥劑時，會將多種農藥混合施用，導致噴液中添加劑含量提高，引起水稻柱頭乾枯發生空穎的異常現象，成為近年來水稻藥害發生的主因。添加劑中的展著劑主要是改變細胞膜的通透性，也可能造成蛋白質變性失去酵素的功能。濃度過高時，會造成展開葉出現褐化藥斑，引起未展開葉縐縮等急性傷害，但對未接觸到藥劑之新生葉則無影響。藥害發生主要和農藥的物化特性、施藥方式及作物種類與生育期的敏感性有關，環境因子則可能改變植體對藥劑的吸收程度。不同類別的農藥對植物的活性會有差異，劑型則會影響活性的表現程度。環境中光照、溫度與降雨量等氣候因子，會影響植體表面對噴施型藥劑的截取與滯留。土壤質地、物化特性與微生物相等，則會影響土壤中藥劑的殘留活性。水稻不同品種對藥劑的敏感度有明顯差異，一般農藥對秈稻生長之抑制作用較稉稻為強。非目標區內發生的藥害，主要是經由飄散、灌溉水污染、土壤殘留等途徑，接觸到微量除草劑或高活性藥劑所引起。藥害造成作物受損的程度，視作物生育期、吸收的藥量及作物對藥劑的敏感性而異，一般在幼苗期及接近收穫期發生之藥害，植株生育不易完全恢復。早期發生、程度輕微且影響局部組織之藥害多可慢慢恢復，但在採收期即使只有局部傷害也可能嚴重影響品質或收量。

（關鍵詞：水稻、農藥、藥害）

* E-mail: cyj@tactri.gov.tw

緒　言

水稻爲全球重要之糧食作物，臺灣全年栽培面積約 30 萬公頃，無論在品種的改良或栽培技術的改進上，均達成熟而穩定的生產水準。有關病、蟲、草等害物的管理，以化學防治爲主要的手段，目前登記在水稻、蔬菜、果樹等作物之防治藥劑超過 500 種以上，每年施用到農地中的成品農藥達數萬公噸，顯著降低由害物造成的農作損失。一般農藥在上市前，必須通過物化規格檢驗、毒理資料審查、藥效及藥害試驗與殘留量測定等嚴格篩選，因此依循登記之作物範圍及方法，在非極端氣候下施用，是不致有藥害發生的疑慮。但是實際用藥時，可能因爲劑量調配的不精準、噴施方式的不正確、或未能確切掌握混合藥劑間的物化相容性等，導致藥劑生物活性的改變，抑制作物的正常生育。

早期水稻與蔬菜及果樹發生藥害之案件比例相當，多發生在來源不明之育苗土中，混雜有長殘效除草劑，或爲了強化秧苗根部的活性，噴施成分不明的營養劑，導致植株黃化乾枯或死亡[4]。少部分案例則爲農藥罐上的標籤保存不佳，誤將劑型與顏色十分相近之除草劑，當作殺菌劑或其他農藥使用，造成嚴重的損害[4, 7]。一般水稻藥害多發生在移植初期、幼穗分化期或穀粒充實等敏感生育期[8]。大多數栽培者對除草劑的使用都會十分謹慎，但在使用殺蟲劑或殺菌劑等植物毒性(phytotoxicity)較低之藥劑時，基於省工及掌握控制時效的原因，多種農藥混合施用成爲普遍的現象， 導致噴液中主成分以外的添加劑含量提高，引起稻株乾枯之急性傷害，成爲近年來水稻藥害發生的主因(圖一) [4, 5, 16]。一般水稻栽培的單位面積較大，特定種類的農藥使用量相對較多，一旦發生藥害，所造成的衝擊必然極爲顯著，對於一個已建立完備栽培體系的作物而言，因爲用藥失誤而減少收益實屬遺憾。因此農藥施用對稻作生長之影響，確爲達到安全用藥所應關注的課題。

圖一、農藥混合噴施不均勻引起稻株之褐化乾枯。

Fig.1. Phytotoxicity of rice plants as induced by improper application of pesticide tank mixtures.

農藥的生物活性

農藥的生物活性包括植物對藥劑的吸收、傳導和代謝等作用。藥劑的結構、劑型及施用方式等，則會影響植體接觸、吸收及在組織或器官間的分佈的情形。

一、農藥的吸收

噴施型農藥最先爲植物接觸的部位爲莖葉。一般葉表臘質及角質層，會阻隔外界離子和水溶性分子進入細胞。但小分子親脂性物質，則可以物理作用接近角質層表面。葉角質層上的茸毛，在適當密度時會形成網眼，可阻止液滴滑落，使藥劑分子大量沉積於葉表。氣孔則不能提供水溶液的進入，某些油性物質可經由敏感的保衛細胞，傷害到排列在氣孔邊緣之細胞[19, 32]。一般而言藥劑的選擇性差異，主要與作物種類有關，如水稻、玉米等禾本科作物的葉表面，因爲包被有明顯之臘質與角質層，較之十字花科葉菜類等光滑之葉面，對大部份農藥均具較高之容忍性[4]。

土壤施用型藥劑主要由根部吸收，藥劑會隨土壤水的流動而進入根、種子和地下莖等。土壤環境會影響植株生長勢與根的活性，細胞內外溶液的藥劑濃度差異，與吸

收量有密切相關[13, 39]。

二、農藥在植體內的傳導

某些藥劑的作用點離吸收的位置僅一兩層細胞，如除草劑巴拉刈(paraquat)，進到含有葉綠體之細胞內即發生作用，立即殺死接觸到藥劑之細胞，而無法在植體內充分轉移[30, 38]。但對萌後施用防治多年生雜草之除草劑，需從地上部傳導到地下部的營養器官，或土壤施用之光合作用型抑制劑，需從根部轉移到葉部才能發揮效果。

由葉片轉移到頂端分生組織或成熟葉轉移到嫩葉的短程傳導，主要爲細胞間的擴散作用，經由胞質間脈絡絲(plasmodesmata)或細胞間隙。長程的轉移則包括韌皮部和木質部的運輸系統。通常藥劑在篩管內的轉移情形是配合光合產物的流動方向做被動運輸，但是某些藥劑分子也會與細胞內代謝物競爭攜帶者做主動傳導。若以韌皮部轉運爲主的除草劑只在積貯器官(sink)，如種子或地下根莖等營養繁殖器官內大量累積，而其他組織接受到極少量的藥劑，會造成除草效果的不完全，因此部份藥劑會滲漏到周圍其他組織或導管內隨同水分移動，這種韌皮部與木質部間的交換情形，主要和藥劑的膜透性、在篩管內的流速及植株的大小有關。二、四－地(2,4-D)與嘉磷塞(glyphosate)處理過的植株木質部內，亦可偵測到顯著的藥劑量[38]。

根部所吸收之藥劑在導管內轉移之驅動力，是土壤與大氣間水分潛勢的梯度。但在氣孔關閉時即使兩者水分潛勢差異極大，也不能提高木質部內的轉移速率，因此和植物的蒸散作用是有相關性的。

藥劑分子在傳導細胞內的膜穿透能力與留滯程度，會影響其在植體內的分佈情形。中性親脂性分子易進入細胞內，但也容易往胞外流出。弱酸性分子則會以離子捕獲方式(ion trapping)留存在細胞內。因此農藥製劑成酯式分子結構，可增加進入細胞內的量，待進入細胞後再轉變成具活性的酸式結構，兼顧藥劑在植體內分佈完全及具生物活性的特質。但對抑制光合作用電子傳遞之除草劑，親脂性則有助於其在葉綠體類囊膜(thylakoid membrane)上的作用活性提高[32]。

藥劑對同化物的生成、膜完整性及供貯組織的破壞，也都會降低其本身的移動性。如巴拉刈引起膜系的快速破壞，會導致藥劑在植體內的分佈不完全，影響雜草防治效果。雖然藥劑在植體內的傳導速率會隨植物生育狀況而異，但最後在細胞內作用位置所累積的反應臨界量，才是決定其毒性的主要條件，使用的劑量超過細胞可代謝解毒的範圍時，則會引起生育異常的現象。

三、農藥在植體內的代謝

殺蟲劑和殺菌劑的主要作用機制，爲干擾昆蟲和病原菌的生長和增殖，在依循登

記的作物範圍及使用方法下，大多數藥劑對植物的正常生育影響不大。除草劑則以抑制植物正常生理生化的進行爲主，利用藥劑在作物與雜草間的選擇性防治雜草。植物對藥劑的吸收、傳導及代謝等作用，均會影響選擇性的表現，因此施藥時添加展著劑會降低藥劑的選擇性。

植物體對藥劑的代謝包括共軛結合(conjugation)、解毒(detoxification)及沉積(deposition)作用等。藥劑在細胞內先行分子內的原子或原子團置換，或直接經水解、氧化、還原作用，與細胞內成分如糖類或胺基酸形成共軛結合物，當此共軛物在細胞或組織內移動時，一些糖類、胺基酸及脂質仍會繼續連結到此共軛物上，使其分子增大而降低移動性，最後沉積在細胞不同部位而失去生物活性。與糖類結合者會被區隔在液胞內，與胺基酸結合者則結合在細胞壁上。共軛及解毒作用非爲不可逆的途徑，部份會再進入細胞質內發揮活性，但經沉積作用形成不可溶出之殘質，則對植物毒性會顯著降低[32, 38]

農藥在植物體內的代謝，不但有種間差異甚至還有種內的不同。在有酵素參與之解毒反應，因爲植體間同功酶(isozymes)的差異，導致對藥劑的容忍程度不同。不同生育期對藥劑的反應亦有差別，幼苗期和進入生殖生長如水稻之幼穗分化期爲敏感期。繁殖器官如花粉和柱頭等，一般對農藥也較爲敏感。

農藥對植物的毒性

農藥進入植物細胞後，部份會被代謝分解或限制轉移使毒性降低，但是吸收量超過了可以解毒的範圍，則會造成植物的毒害。嚴重時會明顯抑制植物的正常生育，包括種子或芽體的萌發、莖的伸長、根的活性等，或出現落葉、落花、落果、及畸形果等異常。甚至改變組織成分，如葉綠素、花青素、碳水化合物、或胺基酸含量，發生農產品品質降低之藥害現象。

藥害的發生主要和農藥的物化特性、施藥方式及作物種類與生育期的敏感性有關，環境因子則可能改變植體對藥劑的吸收程度。農藥藥害潛力的測試，則針對目標作物之種子根伸長、幼苗生長勢或特定植物器官活性，進行階層式(tier system)的測定評估，以決定受試藥劑對目標作物在品種及生育期之安全範圍[28, 35]。

一、農藥特性

不同類別的農藥對植物的活性有明顯差異。以胚根伸長抑制反應測試殺菌劑及殺蟲劑對水稻之藥害潛力。其中鐵甲砷酸銨(MAFA)、滅克蝨(XMC)、益滅松(phosmet)、亞滅寧(alpha-cypermethrin)及納乃得(methomyl)之 50%抑制劑量在 100 ppm 以下，克枯

爛(tecloftalam)、撲克拉(prochloraz)及美文松(mevinphos)約為 250 ppm，亞賜圃(isoprothiolane)、滅達樂(metalaxyl)及陶斯松(chlorpyrifos)達 500 ppm，賓克隆(pencycuron)、快得寧(oxine-copper)、比多農(bitertanol)、蟎離丹(chinomethionat)、護賽寧(flucythrinate)、丁基加保扶(carbosulfan)、芬普寧(fenpropathrin) 及護粒松(edifenphos)高達 1000 ppm。由 6.5%鐵甲砷酸銨溶液稀釋 2000 倍之田間登記量推算，低於 50%胚根伸長抑制劑量(68ppm)，因此只要避免於抽穗前 10 日之敏感生育期施用，應不致引起不孕之藥害現象[5]。

一般要將極少量的藥劑成分均勻施用在大面積田區，則需針對作物生長與害物發生的實際狀況，將藥劑主成分混合適當比例的溶劑、稀釋液或增效劑等製劑(formulation)過程，以提供方便噴施及增強對目標害物的毒性效果[17]。

劑型會影響農藥生物活性的表現程度。含溶劑及乳化劑之農藥，親脂性高較易引起藥害，但水基乳劑(emulsion, oil in water)在水中化性穩定，為較安全之劑型。可濕性粉劑(wettable powder)之粒徑微細，易被葉片吸收，使用時須不斷攪拌，否則其懸浮液易沉澱而引起田區局部性藥害。水分散性粒劑(water dispersible granules)和可濕性粉劑相類似，粒徑很小在噴液中會均勻分散，較不易引起飄散性藥害。粒劑(granule)可直接用在土壤、水田及水域中，殘效期較其他劑型為長。另一種微膠囊劑(micro-capsules)是將藥劑包埋於微膠囊中，可控制有效成份釋放的速率，對作物安全性高。

農藥製劑過程中所添加之展著劑分子，為一同時含有親水性基(hydrophilic group)及親脂團(lipophilic group)之化學物，會改變兩種液體，或一種液體與一種氣體，或固體間的界面物理特性，故又稱作界面活性劑。一般展著劑不論是在農藥製劑或噴施過程中加入，應該都不會造成主成分對植物的毒害[22, 33, 36]。但是當兩種展著劑產生交互作用時，如陽離子型展著劑會和硬水中之鈣、鎂、鐵等離子形成不溶性的鹽類沉澱等，此種藥液對作物生育的影響，則不是單純僅由農藥有效成分所能推斷的[24, 25]。

展著劑本身對植物亦具有某種程度之生物活性，其在細胞內的主要作用為改變細胞膜的差異通透性，及造成細胞蛋白質的變性失去酵素的功能[9, 15, 21, 33, 40]。濃度低時可能影響到生物膜上重要物質的分配與傳導，高濃度時則有可能溶解葉表臘質或膜上的脂質組成[1]。噴液中濃度過高時，會造成展開葉上出現藥斑，對未完全展開之葉片，發生縐縮及葉面積縮小的現象，但對未接觸到藥劑之新生葉則沒有影響。展著劑引起之藥害通常為接觸型的急性傷害[4, 6, 14]。

不同廠牌之市售農藥，由於添加劑成分或混合比例的不完全相同，對作物的活性也會有明顯差異。比較六種不同廠牌之成品農藥菲克利，對秈、稉稻胚根伸長及秧苗生長之影響。測試藥劑對秈、稉稻之 50%根長抑制劑量，依序分別為 0.63-2.35 ppm(差異 3.7 倍)及 1.10-7.98 ppm(差異 7.2 倍)。株高抑制率之變化，秈、稉稻分別為 10-26%

及 0-11%。顯示不同廠牌之同一農藥對植物的生長抑制程度有顯著差異(表一)。

農藥在使用前變質產生的不純物(impurity)也可能影響植物的生長。免賴得(benomyl)爲登記於水稻稻種消毒及防治稻熱病與紋枯病之系統性殺菌劑 (植保手冊)，但在貯存期間極易分解爲貝芬替(carbendazim)及異氰酸丁酯(butyl isocyanate, BIC)，而異氰酸丁酯與水反應後所形成之二丁基脲(dibutylurea, DBU)，會阻礙植物光合作用中光反應之電子傳遞，降低光合作用效率。自 1989 年起至 2001 年止，美國杜邦公司(E. I. DuPont de Nemours, Inc.)因該藥劑陸續發生之藥害事件，賠償金額高達 10 億美元，美國環保署於 2002 年宣告正式撤銷美國境內有關免賴得之所有登記證(North Dakota Pesticide Quarterly, 2001)。免賴得開封後藥劑變質引起之藥害問題，起因於市售配方產生大量 DBU 所造成。藥毒所於 2007 年研發改良配方，添加 DBU 之消除劑六甲撐四胺(Hexamethylenetetramine, HMTA)後，可有效提升用藥安全[18]。

表一、不同廠牌之菲克利對秈稻及稉稻胚根及胚莖伸長之影響

Table 1. Elongation of hypocotyl and radicle of Indica and Japonica rice affected by hexaconazoles of different manufacturers

Variety of rice	Code of manufacturer	Radicle length I_{50}(ppm)	Hypocotyl length I_{50}(ppm)
Indica	A	0.63	17.32
	B	0.93	7.19
	C	1.45	16.8
	D	1.58	7.75
	E	6.09	64.1
	F	1.71	19.0
	G	2.35	59.3
Japonica	A	4.40	5.79
	B	1.10	4.24
	C	2.97	5.76
	D	2.67	2.80
	E	6.16	3.41
	F	2.19	6.75
	G	7.98	10.9

二、施藥方式

噴藥時流量的控制及噴施壓力的大小，會影響田間實際噴出的藥量。噴嘴口徑的型式與數目、噴桿的高度、及噴藥時的行走速度，都會造成植株曝藥量的差異。一般稀釋水量固定時，藥液粒子愈小，藥劑被植物吸收的程度愈高，且系統性藥劑較接觸性藥劑的表現更顯著[20]。

水溶性高之農藥會聚集在田區低窪積水處，使局部地區的藥劑濃度過高，增加根部的吸收。巴拉刈用於水田整地前之雜草防除時，在施藥後三日始可灌水整地插秧，否則游離在田水中之藥劑會影響稻株生育。免速隆(bensulfuron-methyl)在施藥後十日內應禁止田區排水，否則會引起鄰近田區之葉菜類發生藥害[3]。

多種藥劑不當混合，施用後有可能造成稻株生育之異常。除草寧(propanil)為防治水稻田雜草之萌後接觸型除草劑，與胺基甲酸鹽類(carbamates)之加保扶(carbofuran)混合使用時，會造成水稻達 53%之傷害率。藥害發生的原因主要是稻株內除草寧代謝的關鍵酵素 aryl acylamidase 活性，會受到有機磷(organophosphates)或胺基甲酸鹽類之殺蟲劑所抑制。其中有機磷類的大利松(diazinon)及胺基甲酸鹽類之加保利(carbaryl)經試驗證實，在每公斤土壤中含有 5mg 藥量下，分別降低酵素活性達 100%及 75%。進一步調查有機磷及胺基甲酸鹽類藥劑，也會與汰克草(dicamba)、理有龍(linuron)之解毒酵素 cytochrome P450 monooxygenase 作用，增加除草劑之生物活性引起藥害[10, 29, 37]。

用於防治水稻白葉枯病之 10%克枯爛可濕性粉劑，亦不宜與 6.5%鐵鉀砷酸銨溶液、25%賓克隆可濕性粉劑、75%三賽唑可濕性粉劑、22.5%陶斯松乳劑混合使用，或同時混合 25%賓克隆可濕性粉劑及 75%歐殺松乳劑，有可能造成水稻抽穗異常及稔實率降低[4, 5]。

以 25%撲克拉乳劑稀釋 2,000 倍進行稻種消毒，對催芽後再浸種之水稻胚根伸長有明顯抑制作用，且抑制程度隨劑量提高而增加。

三、環境因子

環境中光照、溫度與降雨量等氣候因子，會影響植物對噴施型藥劑的截取量(intercrption)及滯留(retention)期，土壤質地、物化特性與微生物相等，則會影響土壤中的藥劑殘效性。

1.氣候環境

溫度會影響植物的生育速率，熱帶植物在高溫下的生理作用旺盛，尤其在高溫強光下光合作用被促進，也可能會大量吸收噴施在葉面的農藥，這也就是某些藥劑在高溫強光下易引起藥害的原因。二期作水稻田施用之除草寧，有可能抑制秧苗的生育。生長調節劑型之藥劑在高溫下也有降低用量的必要[38]。

高溫下容易造成如二、四－地(2,4-D)酯類劑型之除草劑揮發，不僅降低藥效，還有可能引起鄰近敏感作物的藥害。反之溫度太低時植物生育較差，亦會降低作物對藥劑的忍受程度，丁基拉草(butachlor)及殺丹(thiobencarb)在一期作低於 15℃之水稻田施用時，須降低藥量避免藥害發生[4, 38]。

風向、風速與霧氣的形成主要是影響藥液的飄散。風速強到一定程度會將藥

液粒子吹移到附近的作物田區，引起飄散性藥害的發生。霧氣會將藥滴承接在半空中，隨氣流向某個方向移動，待陽光出現霧氣消散後藥液則往下沉降，此時若掉在敏感作物表面則有可能引起藥害(圖二)。

圖二、巴拉刈飄散引起之秧苗藥害。

Fig.2. Injury of paraquat to rice seedlings caused by spray drift.

2.土壤環境

農藥在土壤中會受到土壤類型及土壤物理、化學與微生物等作用，影響藥劑殘留量及殘留活性。土壤吸附作用雖不會減少土壤中的藥劑量，但在土壤溶液中的藥劑濃度已降低。吸附爲土壤中有機質及粘粒，與藥劑分子產生化學鍵結的現象，通常離子性藥劑的吸附力較強，非離子性藥劑分子則易與有機質粒子吸附。土壤水分會將已被粘粒吸附之藥劑置換出來，土壤 pH 也會影響吸附的程度。水溶性除草劑如巴拉刈，因爲帶有正電荷可與具負電荷之土壤粘粒以離子鍵相結合，成爲不具生物活性的型式，但當巴拉刈量多且超過土壤吸附値時，則會有游離的巴拉刈存在土壤溶液中，造成根的吸收而影響植株的正常生育[2, 11]。

土壤水會帶動藥劑分子在土壤中移動，溶解度大且移動性強(土壤吸附性弱)的藥劑，易隨土壤水做不同方向的移動，如除草劑得拉本(dalapon)即具高溶解度及低吸附性，較理有龍(linuron)等尿素類(ureas)及草殺淨(ametryn)等三嗪類(triazines)的淋洗程度爲高。若藥劑移動至敏感作物，或大量累積至耐性作物生長分布的區域，都有可能發生藥害。土壤性質及藥劑溶解度爲造成淋洗的主要因素[31, 34]。

土壤中微生物活性的改變，會影響藥劑的分解及累積，有可能造成作物藥害。殺丹爲系統性萌前除草劑，可有效防除水稻田內之禾本科及莎草科雜草，水稻對藥劑的耐性源於快速的分解速率。但殺丹施用在浸水的田土中，會發生還原性的脫氯作用，所產生的去氯殺丹(dechlorinated thiobencarb, DTB)會抑制秧苗生長、造成分蘗過盛、分

穰支彎曲，及植株脆裂等異常，通常要到施藥後兩星期，藥害徵狀即不再出現，稱爲遲發性毒害症狀(delayed phytotoxicity syndrome, DPS)。DTB 對秧苗毒性較殺丹高出 10 倍以上，尤其在二期作整地時，將前作殘留之稻椿翻入田水中，高溫下有機質發酵形成的還原性田水環境，施用殺丹對秧苗初期生長的抑制程度更加明顯[12]。

四、作物反應

植物對藥劑的反應可大分爲敏感、容忍及抗性三種。大部份殺蟲劑對作物都不會有明顯的毒性，殺菌劑次之，但某些藥劑提高施用劑量時仍可能會引起藥害。水稻抽穗期對藥劑最爲敏感；抽穗前 10 日施用滅紋、殺紋寧、鐵甲砷酸銨等，易引起不孕現象。防治水稻胡麻葉枯病之普克利乳懸在抽穗期避免使用，否則亦會引起不孕。

水稻不同生育期對藥劑的敏感度有明顯差異。以稀釋 2000 倍之 6.5%鐵甲砷酸銨溶液，及 1000 倍之 10%克枯爛可濕性粉劑，分別噴施於幼穗分化期、孕穗期、抽穗始期及抽穗中期之台梗 8 號及台中秈 10 號稻株，處理後調查植株之藥害徵狀。鐵鉀砷酸銨於幼穗分化期、孕穗期、抽穗始期施用，會導致稻穗扭曲，無法自葉鞘中正常抽出，同時雌蕊柱頭也有不同程度的乾枯(圖三)。克枯爛則引起稻株自葉尖及葉緣開始向葉基及中肋部分黃化，及穀粒內外穎褐化、空穗現象(圖三)。兩種藥劑於抽穗中期處理均未引起明顯異常[5]。

圖三、鐵鉀砷酸銨與克枯爛(左圖)引起水稻雌蕊之柱頭乾枯及穀粒褐化(右圖)。

Fig.3. Stigma necrosis (left) and grain sterility (right) in rice caused by misapplied MAFA and tecloftalam.

此外秈、稉稻對某些藥劑的反應亦表現出明顯差異。以 50%護粒松乳劑、40.8%陶斯松乳劑、10%百滅寧乳劑、10%菲克利乳劑及 40%益滅賽寧可濕性粉劑之系列劑量，處理秈、稉稻種子及噴施 3-4 葉齡稻株，調查肧根伸長及植株生長抑制反應。

由估算之根長 50%抑制劑量結果顯示，菲克利及護粒松對水稻根長抑制作用最大，其餘依次爲百滅寧及陶斯松，益滅賽寧則無明顯影響。其中稉稻的劑量值多爲秈稻的 3 倍左右(護粒松達 10 倍)。稻株株高抑制反應亦顯示稉稻較秈稻對藥劑的容忍性高(表二)。除草劑丁基拉草等對秈、稉水稻之生育影響亦有品種間差異，一般秈稻較稉稻對藥劑之敏感度爲高。

表二、成品農藥對對秈稻及稉稻肧根伸長及幼株株高之影響

Table 2. Effects of commercial pesticides on root length and plant height of rice seedlings

Tested pesticides	Indica		Japonica	
	Root length I_{50}(ppm)	Inhibition of plant height (%)	Root length I_{50}(ppm)	Inhibition of plant height (%)
10% Hexaconazole EC	1.5	22	4.6	16
50% Edifenphos EC	10.5	16	104	5
10% Permethrin EC	118	13	551	5
40.8% Chlorpyrifos EC	303	12	996	0
40% Phosmet+cypermethrin WP	>1000	4	>1000	0

農藥的生物活性與藥劑在植體內的代謝速率，爲藥害發生與否的決定性因子。植物的外表構造及農藥的劑型會影響藥劑的吸收及傳導。噴施區內之作物會直接接觸到高量之農藥，非目標區內主要是經由飄散、灌溉水污染、土壤殘留之微量接觸，因此後者多爲植物毒性較高如除草劑等類型藥劑引起之傷害[23, 26]。

結　語

藥害的發生多爲偶發性事件，關鍵因子包括(一)施用劑量過高。一般在秧苗期、幼穗分化期及穀粒充實初期對藥劑都十分敏感，也最容易因爲用藥不當，引起生育異常造成產量與品質降低等損失。(二)農藥不當混合。大多數農友對除草劑的使用都會十分注意，但殺蟲劑、殺菌劑、甚至植物生長調節劑、營養劑等同時施用之情形則相當普遍，藥劑間之化學作用，藥劑中所含乳化劑、溶液等添加成分的含量增加，及加速植物對藥劑的吸收，都有可能造成藥害。(三)其他如藥液之均勻攪拌，噴施壓力、噴水量

及液滴大小之適合度，亦可能造成田區局部植物的受藥量過高，增加藥害發生機率[4, 28]。藥害造成作物受損的程度，視作物生育期、吸收的藥量及作物對藥劑的敏感性而異，一般在幼苗期及接近收穫期發生之藥害，植株生育不易完全恢復。通常傷害一旦造成多不可能逆轉，早期發生、程度輕微且影響局部組織者多可慢慢恢復，但在採收期即使只有局部傷害也可能嚴重影響品質[27]。

引用文獻

1. 何明勳、吳智遠、陳妙娟、馮海東。2005。以動態表面張力及接觸角變化評估展著劑之功效。植保會刊 47：59–68。
2. 廖敬民、王順成、蔣慕琰、蔣永正。2006。依滅草(imazapyr)土壤殘效之生物檢測。植保會刊　48：217 – 227。
3. 蔣永正、蔣慕琰、劉威廷、蔡瑞真。1999。稻田田水殘留之百速隆(pyrazosulfuron-ethyl)引起非目標作物藥害之潛力。植保會刊 41: 67-78.
4. 蔣永正、蔣慕琰。2002。農藥藥害的發生與診斷。158 頁。行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所編印。
5. 蔣永正。2004。水稻田常用農藥對稻株生育之影響。中華民國雜草會刊：25: 83-95。
6. 蔣永正。2004。展著劑對葉菜類蔬菜毒性之生物檢測。中華民國雜草會刊 25: 23-35。
7. 蔣永正。2005。市售植物營養劑活性之生物檢測。中華民國雜草會刊　26: 53-66。
8. 蔣永正、蔣慕琰。2002。藥害。鄭清煥主編"水稻保護(下冊)"。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局出版。387-392 頁。
9. Anderson, P. C., R. F. Mizell and G.W.Knox.1988. Impact of ten spray adjuvants on leaf gas exchange of pecan, blueberry, photinia and azalea. Am. Soc. Hortic. Sci. 23:343-348.
10. Barrett, M. 2000. The role of cytochrome P450 enzymes in herbicide metabolism. Pages 25–37 in A. H. Cobbs and R. C. Kirkwood, eds. Herbicides and Their Mechanisms of Action. Sheffield, Great Britain: Sheffield Academic.
11. Beckie, H. J. and R. B. Mckercher. 1990. Mobility of two sulfonylurea herbicides in soil. J. Agric. Food Chem. 38:310-315.
12. Chen, C. 2002. Delayed phytotoxicity syndrome in Louisiana rice caused by the use of thiobencarb herbicide. A dissertation of Doctor of Philosophy, Department of Plant Pathology and Crop Physiology, Louisiana State University and Agriculture and Mechanical College.
13. Clay, D. V. 1993. Herbicide residues in soils and plants and their bioassay. *In* Streigbig, J.

C. and P. Kudsk. Herbicide Bioassays. CRC Press.pp. 153-172.

14. Cline, W. O. and P. V. Oudemans. 2002. Diagnosis and description of widespread surfactant injury on blueberries in North Carolina. Acta Hort. (ISHS) 574: 95-99.
15. Florence, A. T., I. G. Tucker and K. A. Walters. 1984. Interactions of nonionic polyoxyethylene alkyl and aryl ethers with membrane and other biological systems. In: Structure/Performance Relationships in Surfactants (Ed. M. J. Rosen), pp. 190-207. American Chemical Society Symposium Series Number 253, Washington D. C.
16. Haq, M. T., M. A. Sattar, M. M. Hossain, and M. M. Hasan. 2002. Effects of fertilizers and pesticides on growth and yield of rice. J. Biol. Sci. 2(2): 84-88.
17. Hassall, K. A. 1990. Physicochemical aspects of pesticide formulation and application. In: The Biochemistry and Uses of Pesticides, 2nd ed., Weinheim, NY. pp. 25-57.
18. Ho, M.-H., K.-Y. Lin , Y.-S. Wang. 2007. Formulation factors that can reduce the formation of the phytotoxic impurity, N,N'-dibutylurea, from benomyl. Chemosphere 68: 1465 – 1473.
19. Kirkwood, R. C. 1999. Recent developments in our understanding of the plant cuticle as a barrier to the foliar uptake of pesticides. Pestic. Sci. 55: 69-77.
20. Knoche, M. 1994. Effect of droplet size and carrier volume on performance of foliage-applied herbicides. Crop Prot. 13:163-178.
21. Knoche, M., G. Noga and F. Lenz. 1992. Surfactant induced phytotoxicity: evidence of interaction with epicuticular wax fine structure. Crop Protection 11: 51-56.
22. Luxmoore, R. J., N. Valoras and J.Letey. 1974. Nonionic surfactant effects on growth and porosity of barley roots. Agron.J.66:673-678.
23. Maber, J. and G. Pinnell. 1992. Herbicide drift and off-target damage in new zealand. Proc. 1st International Weed Control Cong., Melbourne. pp. 293-296.
24. Manthey, F. A., E. F. Szelezniak and J. D. Nalewaja. 1997. Lipophilic chemistry affects surfactant phytotoxicity and enhancement of herbicide efficacy. In: Pesticide Formulations and Application Systems (Eds. M. J. Hopkinson, H. M. Collins and G. R. Goss), STP 132817, 267-278, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken.
25. Mcwhorter, C. G, 1985. The physiological effects of adjuvants on plants. In: S. O. Duke ed. Weed Physiology, Vol. II. Herbicide Physiology. CRC Press, Florida. pp. 141-158.
26. Miller, P. C. H., R. W. Smith, C. R. Tuck and P. J. Walklate. 1995. The classification of agricultrral sprays based on droplet size distributions and the results from wind tunnel

tests. Proc. Brighton Crop Protection Conf. pp.1125-1134.

27. Monaco, T. J., A. R. Bonanno and J. J. Baaron. 1986. Herbicide injury:diagnosis, causes, prevention and remedial action. In: N. D. Camper ed. Research Methods in Weed Science. Southern Weed Science Society. pp.399-428.
28. OEPP/EPPO 2004. Introduction to the efficacy evaluation of plant protection products. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 34, 25-19.
29. Ohkawa H., H. Tsujii, Y. Ohkawa. 1999. The use of cytochrome P450 genes to introduce herbicide tolerance in crops: a review. Pestic Sci. 55: 867-874.
30. Roberts, T. R. and D. H. Hutson. 1998. Metabolic pathways of agrochemicals. Royal Society of Chemistry.
31. Russel, M.. H., T. H. Carski and R. A. Mckelvey. 1995. Risk evaluation of the leaching potenttial of sulfonylurea herbicides. Proc. Brighton Crop Protection Conf. pp. 695-700.
32. Sterling, T. M. 1994. Mechanisms of herbicide absorption across plant membranes and accumulation in plant cells. Weed Sci. 42:263-276.
33. Stock, D. and P. J. Holloway. 1993. Possible mechanisms for surfactant-induced foliar uptake of agrochemicals. Pestic. Sci. 38: 165-177.
34. Stork, P. and M. C. Hannah. 1996. A bioassay method for formulation testing and residue studies of sulfonylurea and sulfonanylide herbicides. Weed Res. 36:271-281.
35. Sunderland, S. L., P. W. Santelmann, and T. D. Baughman. 1991. A rapid, sensitive soil bioassay for sulfonylurea herbicides. Weed Sci.39:296-298.
36. Tamura, H., M. Knoche and M. J. Bukovac. 2001. Evidence for surfactant solubilization of plant epicuticular wax. J. Agric. Food Chem. 49: 1809-1816.
37. Uddin, M. S., M. A. Sattar and M. A. Salam, 1998. Effect of organophosphorus pesticides on ecology of rice production in soils. Bangladesh J. Environ. Sci., 4: 169-178.
38. van Eerd, Laura L. R. E. Hoagland, R. M. Zablotowicz, and J. C. Hall. 2003. Pesticide metabolism in plants and microorganisms. Weed Sci. 51: 472-495.
39. Walker, A. and S. J. Welch. 1989. The relative movement and persistence in soil of chlorsulfuron, metsulfuron methyl and triasulfuron. Weed Res. 29:375-383.
40. Zabkiewicz, J. A. 2000. Adjuvants and herbicidal efficacy – present status and future prospects. Weed Res. 40: 139-149.

Abstract

Chiang, Y. J. 2009. Phytotoxicity of pesticides used in paddy field on the growth of rice plants. pp.105-119. *In*: Proceedings of Symposium on Achievements and Perspectives of Rice Protection in Taiwan. 160 pp. (Taiwan Agriculture Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Wufeng, Taichung 41358, Taiwan, ROC.)

Pesticides are heavily used for managing pests in modern day agriculture. The ideal management system of chemical control is to ensure safety to crops, the user and the environment. Before a pesticide receives registration, it is subjected to field efficacy trails based on the reduction of pest population and on the damage of crop yield and quality or any other property of economic importance to the grower. Pesticides registered for specific crops generally have a wide range of crop tolerance to compensate for possible user misapplication and adverse environmental situations. Therefore, it is difficult to predict crop injury of a registered pesticide from misuse pattern, unusual environmental and edaphic conditions, and variations in tolerance of cultivars. Field observations on crop injury problems with pesticides include excessive rates of application, improper methods of application, equipment contamination, pesticide drift and volatilization, field residues, chemical interactions and incompatibilities, and unusual soil and climatic conditions. Many growers combine pesticides in a tank mix for simultaneous application to conserve time and energy and reduce labor costs. Detrimental effects on crops with pesticide mixtures are attributed to the interactions among the several components. Injury of pesticide to non-target crops was mainly caused by spray drift, irrigated water contamination, and field residue problem. Often, herbicides have the potential for reducing growth of susceptible non-target crops with a very low level. Most pesticides have the potential capacity to cause temporary or long-lasting damage to plants. The assessment of crop tolerance is an essential element of the efficacy evaluation of a plant protection product. Crop tolerance trials should cover the range of growth stages of the crop that is proposed to be treated, as well as potentially sensitive timings of treatment.Once injury occurs, there are no true remedial measures that can be implemented to recover from the damage. Prevention is better than cure. To check the performance of each sprayer component prior to mix chemicals is the best way to prevent pesticide injury problems so that a uniform, non-overlapping swath and correct rate of pesticide for the given soil type can be applied.

(Key words: rice, pesticide, phytotoxicity)

水稻有機栽培病蟲害管理技術

李健捀*

彰化縣大村鄉　行政院農業委員會台中區農業改良場作物改良課

摘　要

李健捀. 2009. 水稻有機栽培病蟲害管理技術. 台灣水稻保護成果及新展望研討會專刊， 第 121-129 頁. 倪蕙芳、楊宏仁編. 160 頁. 農業試驗所印。

水稻有機栽培成功之關鍵在於「培育優質土壤，建構健康稻株」。耕地長期使用，土壤資源逐漸匱乏，水稻生長未能充分吸收所需之養分，將抑制產量形成及降低稻米品質，同時亦比較容易發生病蟲爲害，因此水稻有機栽培首要在於改善土壤理化性質。水稻有機栽培選用無污染的稻種，可以有效降低水稻徒長病及線蟲所引起的白尖病，水稻移植以每叢 6-7 支秧苗爲宜，水稻生育過程當中，必須將每叢分櫱數一期作控制在 20-25 支，二期作控制在 15-20 支之間，水稻於田間生育過程將可避開高溫多濕的生長環境，有效降低病蟲的危害，獲得穩定的產量收成。田間如發生較嚴重病蟲危害時，施用枯草桿菌控制稻熱病、白葉枯病均有很好的效果，施用蘇力菌或性費洛蒙，對於二化螟蟲及稻縱捲葉蟲均有一定的防治效果，使用窄域油或是辣椒粉對於褐飛蝨等亦有不錯的防治效果均可以使用。當然水稻有機栽培較容易發生病蟲爲害的地區，例如靠近山區，晨間露水凝聚不散等地區，應避免進行水稻有機栽培耕作，水稻品種的選擇亦非常重要，容易感病的品種則絕對避免使用。

（關鍵詞：水稻、有機栽培、病蟲害）

*E-mail: lijiafen@tdais.gov.tw

前　言

國內有機水稻栽培面積至 2009 年 5 月僅有 970 公頃，爲有機栽培之最大宗作物。經十餘年來國內學者專家的努力研究以及農民的實際耕作，在土壤肥培雜草防除方面已有了具體可行的技術。但在水稻病蟲害研究方面較少，實際應用於田間的管理技術更有待加強，尤其在病蟲害嚴重發生時更感無力。期待能結合國內病蟲害專家進行有系統之探討研究，讓國內有機農業之發展更能順利推行。

水稻有機栽培病蟲害防治技術

一、水稻徒長病

水稻徒長病由病原真菌 *Gibberella fujikuroi* (無性世代 *Fusarium monilifome*，即鐮胞菌)所引起，臺灣農民俗稱稻公。種子帶菌是本病主要傳播途徑，稻苗罹病後徒長而淡黃，病苗通常在插秧前後即死亡。本菌在水田中可存活 4 個月，如兩期稻作相隔時間不長，土中的感染種源可感染插秧後的健康秧苗，罹病株稻桿徒長修長，葉片下垂呈淡黃色，基部數節上長不定根，不久節上生出白色菌絲，最後全株被暗白色至淡紅色的菌絲及孢子覆蓋，病株不能結穗並提早死亡。本病近幾年來在台灣各地區有逐漸嚴重的趨勢。

水稻有機栽培防治技術包括：(一)種子帶菌的確是本病最重要的第一次感染源，而慎選健康稻種再配合以 40℃溫水浸泡 10 分鐘，再以 60℃熱水浸泡 10 分鐘是防治徒長病的首要措施。(二)徒長病菌在水田中能存活四個月，感染插秧後的稻株，再加上病苗帶入的病菌，導致本田期普遍發生徒長病，病株上產生的子囊孢子或分生孢子又污染稻種，使得本病的發生日趨嚴重，因此，隨時拔除病株，發病嚴重的稻田休耕或輪作綠肥作物，都是減少田間感染源的重要措施。(三)選擇抗病品種：台東區農業改良場觀察發現，相對於其他普遍栽培品種，該場育出的台東 30 號在田間發病率相當低，且該品種兼具優質且抗稻熱病的特性，鼓勵農友考慮將台東 30 號列入優先選擇。(四)依據花蓮區農業改良場試驗顯示苦楝油、肉桂油、丁香油粉衣或拮抗菌皆可有效降低稻苗徒長病發病率。另於苗土中添加蓖麻粕或蚵殼粉亦可降低徒長病發病率。

二、水稻線蟲白尖病

水稻線蟲(*Aphelenchoides besseyi*)爲兩性生殖，*A. besseyi* 在 24℃及 28℃之最適溫度下 8～9 天即可完成一世代。*A. besseyi* 在稻種萌芽後，以內寄生方式存在於鞘葉可

達 7～10 天之久，完成一世代，隨後游出鞘葉，迄水稻收穫爲止皆於稻株中外行寄生行爲。*A. besseyi* 可以休眠 (dormant) 或脫水 (anhydrobiotic) 狀態殘存於植物組織、種子或殘株上，於採收後的穀粒中可存活 8 個月至 3 年之久。俟播種後，穀粒中 *A. besseyi* 旋即復甦，往生長點方向趨集。分蘗後期此線蟲之數目達最高峰，並於開花前侵入花穗，於劍葉中行外寄生方式取食子房雄蕊、桴與胚。當穀粒漸趨成熟，此線蟲即停止繁殖，然三齡線蟲仍持續成長爲成蟲，而集中於穎部。復甦後的 *A. besseyi* 多爲雌蟲，雄蟲數量偏低。病徵：典型病徵出現於分蘗期，葉片抽出時，葉尖呈黃白色油浸狀，病組織透明而後轉呈灰白色條狀螺旋形捲縮，長度約爲 2～5 公分，病組織常斷裂脫落，又稱切葉病。被害稻株，穗變短小，多呈暗紅褐色乾枯形狀，嚴重者，常導致抽穗不正常，節上另生 1～2 小型稻穗。傳播途徑：水稻白尖病原線蟲，可於稻穀內以休眠狀態殘存 3 年以上，俟稻種播下後，在有水份及溫度適宜情況下，線蟲漸漸恢復活動力，且隨芽的生長沿葉鞘內側往上移動，因此種子傳播是本病最主要之傳播方式。

水稻有機栽培防治技術包括：(一)種子帶蟲是本病最重要的感染源，而慎選健康稻種再配合以 40℃溫水浸泡 10 分鐘，再以 60℃熱水浸泡 10 分鐘是防治線蟲白尖病的重要措施。(二)使用放射線菌亦有防治成效。

三、福壽螺

福壽螺又名金寶螺，是目前水稻生育初期的主要的有害生物，遍佈於任何有水的地方，繁殖力非常旺盛，其危害特徵是將剛插秧後之水稻嫩株，從莖桿基部剪斷。如果水稻生育初期不加以防治，危害將非常嚴重，必需進行補植。

目前使用在水稻有機栽培的防治技術包括：(一)於田區入水口裝置鐵絲網，以隔絕來自溝渠的螺體。另外於排水口平舖 30 公分的塑膠浪板，可防止福壽螺逆水而上入侵稻田加害水稻。(二)摘除卵塊檢拾螺體爲減少福壽螺爲害之有效方法。(三)在整地後插秧前每公頃施用苦茶粕 50 公斤，於田埂四周圍灑佈即可有效防治福壽螺。(四)農業試驗所用無患子抽出液研製開發成功「益無螺」粒劑，每公頃 10～15 公斤即可有效殺死福壽螺。(五)水稻有機栽培田飼養菜鴨，亦可有效清除福壽螺。

四、水稻紋枯病

水稻紋枯病，其病原菌學名有性世代爲 *Thanatephorus cucumeris* A.B.(Frank) Donk；爲性世代爲 *Rhizoctonia solani* J.G. Kuhn。普遍存在於世界各水稻栽培區，也是臺灣水稻種要病害。在臺灣一、二期作均會發生。水稻從秧苗期至成熟期整個生育期均會被紋枯病菌感染，秧苗期病徵出線機會較少，本田期水稻栽培過程中，從分蘗中期至成熟期爲紋枯病主要發生期。其病徵初期在葉鞘上形成橢圓形、灰綠色水浸狀病

斑，之後逐漸擴大變成中間灰白色邊緣褐色，有時數個病斑癒合成虎斑狀。葉部受害時出成濕潤狀，迅速擴大成雲紋狀或不正型大斑。稻穗受害則局部成污綠色後腐朽枯死。其初次感染源為菌核，菌核漂流在水田中碰到水稻植株，菌核就附著在葉鞘外側，分蘗中期因稻叢莖數增加，稻叢間濕度加大，菌核開始發芽感染葉鞘，即為第一次感染源[1]。第二次感染則以菌絲為主，病菌侵入水稻組織後，利用菌絲在組織中蔓延，遇到濕度大或下雨時，病斑急速往上擴展。水稻分蘗盛期以後，稻株間稻葉逐漸稠密，田間交織的稻葉即為第二次感染的傳播工具。台南區農業改良場經由長期試驗研究結果發現，施用各種微生物對於水稻紋枯病拮抗效果有限，但因長期使用有機質肥料，水稻紋枯病發生之機率大幅降低(表一)[3]，顯示存在於土壤中引起水稻紋枯病之病原菌已經發生消長行為，此項數據則有待病理專家進行研究探討。

表一、有機栽培施用微生物處理對水稻紋枯病罹病指數之影響(2000-2004)

Table 1. Effects of different treatments on the diseases index of sheath blight of rice (2000-2004)

Treatments	Diseases index				
	2000	2001	2002	2003	2004
			First crop		
Bacillus subtilis	6.89b	6.90ab	6.61ab	2.44a	1.61b
Streptomyces sp.	7.26b	7.20ab	4.68c	2.84a	1.60b
Gliocladium sp.	6.91bc	7.34ab	5.04bc	2.65a	1.48b
CK	7.83a	6.84ab	5.37abc	3.44a	3.20a
			Second crop		
Bacillus subtilis	2.73a	3.84ab	2.19a	1.40a	0.26a
Streptomyces sp.	2.41a	4.39a	1.72ab	1.22a	0.46a
Gliocladium sp.	2.59a	3.12b	1.86ab	1.51a	0.37a
CK	3.04a	4.38a	1.54b	1.29a	0.63a

資料引用：蔣汝國。2005。有機栽培水稻紋枯病之非農藥防治法之探討。台南區農業改良場研究彙報 46:25-32。

水稻有機栽培紋枯病管理技術包括：(一)有機質肥料應合理化施用，避免施用過量氮素含量高之有機質肥料。(二)水稻移植支數宜在 6-7 支即可，並將每叢分蘗支數一期作控制在 25 支以下，二期作控制在 20 支以下，讓水稻生長期間通風性良好，均可有效抑制紋枯病之發生。(三)施用炭化稻殼及矽酸爐渣對於降低紋枯病罹病率均亦有良好抑制效果(表二)。

表二、施用有機資材對水稻紋枯病防治效果調查(2009 年一期作移植後 92 天)

Table 2. The investigation of control efficiency on the applications of organic materials for sheath blight of rice (92 days after transplanting on the first crop of 2009)

Treatments	Diseases index (%)			
	Rape meal 4 ton and compost 5 ton/ha (*Bacillus subtilus* $1x10^9$ cfu/g)	Rape meal 4 ton and carbonization rice husk 5 ton/ha	Rape meal 4 ton and silicate slag 3 ton/ha	Rape meal 4 ton /ha(CK)
TCS10	95	20	45	100
TK9	100	100	100	100

五、稻熱病

稻熱病由屬於真菌之稻熱病菌所引起，會感染水稻各生育期，依罹患部位之不同而有葉稻熱病、穗稻熱病及枝梗稻熱病等稱呼。國內水稻栽培區之稻熱病菌普遍存在，且菌系繁多，即使以藥劑防治亦感困難，其發生與否主要取決於氣象條件是否適合病原菌之生長，產生孢子與包子發芽侵入。綜合言之稻熱病最適合的氣候條件爲氣溫25-28℃左右，陰晴不定、細雨綿綿及相對濕度 90%以上的時節，因此第一期作之梅雨季節，即清明時節前後，爲最易發生稻熱病的時機，嚴重發生時會全株萎縮，影響產量甚鉅，若罹患穗稻熱病或枝梗稻熱病則造成穀粒充實不足，稻米品質降低甚多。第二期作則因高溫低濕，稻熱病發生較輕微，但仍須防範枝梗稻熱病之發生，以維稻米品質。

水稻有機栽培到熱病防治技術包括：(一)通風不良或晨露不易消退的地區，不適合進行水稻有機栽培。(二)選用抗病品種，秈稻品種均較稉稻品種具有較強的抵抗性，例如台中秈 10 號。(三)施用矽酸爐渣等含矽較高的資材，減少氮肥施用量來增強水稻抵抗稻熱病的能力。(四)依據花蓮區農業改良場進行其他有機資材防治稻熱病的試驗，結果選出肉桂油、丁香油可減輕稻熱病之發生，但其防治率僅約 40%。(五)枯草桿菌屬於細菌類，繁殖速度快，對於真菌引起的稻熱病具有良好的拮抗作用，可以有效抑制稻熱病。

六、水稻白葉枯病

白葉枯病由植物病原細菌所引起，主要爲害葉片及葉鞘，初期病害延葉緣產生黃色條斑，條斑之周緣呈波浪狀或葉源呈蒼白黃色條紋，病害在田間通常發生分蘗盛期後。由於病原菌爲細菌，所以侵入途徑爲傷口或自然開口；病原細菌的繁殖需要高溫，

因此氣溫 25~30℃時，若有強風使葉片摩擦造成傷口，這就是二期作颱風豪雨後容易發生白葉枯病的原因。張氏[2]發表之報告指出，施用含矽資材提高水稻植體矽含量，可以有效抑制水稻白葉枯病病斑發生的程度(表三)。水稻有機栽培白葉枯病防治技術包括：(一)施用矽酸爐渣或炭化稻殼等含矽資材，加強植株硬度，可以有效抵抗白葉枯病的侵害。(二)有機質肥料仍應合理化施用，避免過量施用含氮量高之有機資材以增強葉片強度，減少傷口之發生。(三)晨露未乾前勿進入稻田作業，避免人行摩擦造成病原菌侵入的傷口。(四)噴施枯草桿菌防治。

表三、添加矽處理對分蘗盛期水稻植株葉片中矽含量與接種白葉枯病 XM42 菌系葉片病徵表現之關係

Table 3. Effect of applied silicon concentration and resistance against infection by XM42 strain of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. on the silicon of leaves and lesion lengths at maximal tilling stage of rice

Test plant	Silicon applied(ppm)	Leaf silicon composition(% dry weight)	Lesion length(cm)
TN1	0	1.20b	21.00a
	50	4.74a	16.00a
	150	4.73a	7.40b
TSWY7	0	3.03c	4.90a
	50	5.25b	3.90b
	150	8.61a	1.55c

資料引用：張素貞。1995。水稻抗白葉枯病生理及遺傳之研究。國立中興大學農藝研究所博士論文。22-48 頁。

七、水稻二化螟蟲

水稻二化螟蟲，年發生四至六世代，幼蟲在水稻遺株或稻稈中越冬。每期作可發生 2-3 世代爲害。卵塊魚鱗片狀，產於稻葉上，初齡幼蟲先中於葉鞘取食，再分散蛀入稻莖內爲害，造成枯心或白穗。水稻有機栽培防治技術包括：(一)避免過量施用含氮量高之有機質肥料，植株吸收高氮肥之稻田易引來二化螟蟲產卵。(二)插秧後可使用二化螟蟲費洛蒙誘殺成蟲，而於幼蟲尙未蛀入稻莖前，噴施蘇力菌均可以有效防治二化螟蟲之危害。(三)水稻有機栽培田飼養菜鴨亦可以有效控制二化螟蟲之危害。

八、稻縱捲葉蟲

本蟲年發生六至八世代，在第二期作之孕穗期至齊穗期爲害最烈，特別是颱風過

後發生的程度更為嚴重。成蟲產卵於葉片，剛孵化的幼蟲為害嫩葉，二齡後將葉片捲成筒狀，並藏匿其中，沿葉脈取食，幼蟲稍受驚動即急速後退或躍身下墜。水稻有機栽培稻縱捲葉蟲防治技術包括：(一)稻縱捲葉蟲之經濟危害基準為每叢稻 3-5 片葉片受害，可做為防與否的參考，決定防治時可噴施蘇力菌，經 7 天後再噴施一次，可以有效防治。(二)水稻有機栽培田飼養菜鴨亦可以有效控制稻縱捲葉蟲之危害。

九、水稻褐飛蝨

水稻褐飛蝨 英名:Brown planthopper 俗名:稻蝨、黑腳煙仔。成蟲分長翅及短翅兩型，體長分別為 3.8～4.8mm 及 2.0～3.5mm，黃褐至暗褐色，翅透明，具翅斑。卵呈香蕉形，長約 0.7mm，乳白色，數粒至十餘粒產於葉鞘組織內；若蟲體色褐至暗褐，體背具淡色或乳白色之斑紋，數目及形狀隨齡期而異。成蟲與若蟲均好群集於稻株基部吸取水稻汁液為害，卵產於葉鞘脊部組織內，於第二期稻作乳熟期至糊熟期間為害最烈，特別是颱風過後褐飛蝨危害更為嚴重。成蟲及若蟲群集於稻叢基部刺吸稻株養液為食，被害株之基部常可見污濁之分泌物或由分泌物引起之煤污病。在褐飛蝨族群密度低時，由稻株外表無從察覺異狀；為害密度再增加時，則可導致稻株黃化，影響稔實率；發生族群密度高時，可致使稻株於短期內枯萎倒伏；中度被害田，枯萎情況常呈不規則之圓圈狀，嚴重田則圓圈相連而成全面枯萎，稱之為「蝨燒」。水稻有機栽培褐飛蝨防治技術包括使用辣椒粉及窄域油均可以有效控制褐飛蝨的危害。

十、水稻水象鼻蟲

本蟲年發生二世代以上，成蟲在田畔、草叢等潮濕地方越冬，水稻移植後，侵入本田為害。成蟲白天棲息稻株基部，黃昏時爬行至葉片尖端活動，具趨光性，可藉飛翔、步行及游泳等方式遷移分散。卵產於水面下之葉鞘組織內，產卵期約一個月，產卵數約 50-100 粒，卵期 6-10 天。孵化後初齡幼蟲先在葉鞘內攝食葉肉 1-3 天，然後掉落水中，蛀入根內部為害作物。成蟲主要為害葉片，被啃食稻葉沿葉脈造成寬約 0.1 公分，長 0.5-10 公分之白色纖紋食痕，影響光合作用，阻礙水稻發育。水稻有機栽培水象鼻蟲防治技術，依據花蓮區農業改良場試驗顯示白殭菌對水象鼻蟲防治率極高，可以參考使用。

十一、負泥蟲

負泥蟲之幼蟲常以排泄物覆蓋其身，甚以泥塊附著於葉面，故稱之為負泥蟲，其幼、成蟲以咀嚼式口器食害水稻葉片之上表皮及葉肉而殘留下表皮，呈現白膜狀長條食痕，若遭風吹襲則縱裂，當族群密度高時，水稻呈現一片白色枯乾之被害狀。負泥

蟲大多發生於靠山區之稻田，尤以山谷、山溝之稻田發生較為嚴重，陽光充足之平原稻田不發生，一般而言，低溫高濕有利於其發生為害。水稻有機栽培負泥蟲之防治技術包括：(一)使用辣椒粉。(二)使用動力噴霧器，以空氣或加水將負泥蟲吹落水中，最符合有機栽培的精神。

引用文獻

1. 杜金池、張義璋。1981。水稻紋枯病原菌之生態及生物防治。台南區農業改良場研究彙報。15:1-24。
2. 張素貞。1995。水稻抗白葉枯病生理及遺傳之研究。國立中興大學農藝研究所博士論文。22-48 頁。
3. 蔣汝國。2005。有機栽培水稻紋枯病之非農藥防治法之探討。台南區農業改良場研究彙報 46:25-32。

Abstract

Jiann-Feng Lee. 2009. The Managerial Technique of Disease and Insect on Organic Cultivation of Rice. pp.121-129. *In*: Proceedings of Symposium on Achievements and Perspectives of Rice Protection in Taiwan. 160 pp. (Taichung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture Executive Yuan, Taisuen Hsiang, Changhua, 51544, ROC.)

The keys of successful organic rice cultivation lied in "the cultivation of high quality of soils and construction of healthy rice". When the land have been long-term used, the soil resources came to be nutrient deficient gradually. The rice has then not been able to absorb all the needs of nutrients. The condition suppressed the yield and reduced quality of rice. The rice has quite easy been infected by diseases and insects simultaneously. Therefore, the most importance of the rice organic cultivation lied in the improvement of soil physics and chemical quality. The rice organic cultivation selected the non-polluted seeds that might reduce the bakanae disease and rice white-tip disease. The rice transplanted 6-7 seedlings of each clump as suitably. In the rice growing process, each clump formed 20-25 tillers in the first crop season and 15-20 tillers in the second crop. The organic rice was possible to avoid the high temperature and wet microclimates of the field. It could reduce disease and insect's infection and damage, so that obtained the stable yield. When the crop had the serious damage caused by diseases and insects, *Bacillus subtilus* was used to control rice blast and bacterial leaf blight, *Bacillus thuringiensis* or sex pheromone were used and showed promised effect on controlling rice stem borer and rice leaf folder, and narrow range oil or pepper powder were used to control brown plant hopper. It was not suggested that organic rice was cultivated in where the diseases and insects spread easily, like some mountainous area where morning dew condensed and not easy to disperse. The selected variety for organic culture was also important. The varieties which were susceptive to diseases and insects should be avoided.

(Key words:rice (*Oryza sativa* L.), organic cultivation, disease.)

台灣水稻害蟲發生趨勢與防治展望

黃守宏[1*]、鄭清煥[1]、陳秋男[2]、吳文哲[2]
[1]嘉義市 農業試驗所嘉義分所植物保護系
[2]台北市 國立台灣大學昆蟲學系

摘 要

黃守宏、鄭清煥、陳秋男、吳文哲. 2009. 台灣水稻害蟲發生趨勢與防治展望. 台灣水稻保護成果及新展望研討會專刊, 第 131-147 頁. 倪蕙芳、楊宏仁編. 160 頁. 農業試驗所印。

水稻爲台灣栽培面積最大的作物，水稻害蟲之發生隨著栽培品種、耕作制度及政策之方向而改變，目前台灣水稻第一期作主要害蟲種類爲二化螟、斑飛蝨及局部地區之水稻水象鼻蟲；二期稻則以水稻縱捲葉蟲、稻飛蝨類（褐飛蝨、白背飛蝨及斑飛蝨）、螟蟲類（大螟及二化螟）爲主，其中除了地方性害蟲種類（如螟蟲類）及境外入侵種類（如水稻水象鼻蟲）外，尙有隨著氣流長距離遷移進來之害蟲種類（如褐飛蝨、白背飛蝨及水稻縱捲葉蟲等）。經分析 1985-2007 長期監測資料顯示白背飛蝨、斑飛蝨及水稻縱捲葉蟲之族群密度有逐年增加之趨勢，其原因與海外遷入蟲源（包含害蟲種類及數量）及台灣水稻耕作制度改變有關。白背飛蝨及褐飛蝨於 7-8 月間之遷入蟲量，爲影響水稻二期作害蟲族群發生之主要蟲源。有效偵（監）測海外遷入蟲源及其族群變化（包含種類、生物小種及抗藥性等）等，爲擬定適當防治策略之重要資訊。另外，發展省工、省時等經濟栽培之綜合管理方法，亦爲未來防治研究發展方針之一。在台灣，各區域研究場所除基本之偵（監）測調查及水稻害蟲防治研究外，尙需要各領域研究學者相互合作（如電腦模擬預測模式、害蟲生物小種及抗藥性監測等）、長期監測執行，並建立害蟲族群發生之預測程式，才能使台灣水稻害蟲防治更趨完善，以確保台灣水稻安全生產。

（關鍵詞：台灣、水稻、害蟲、發生與防治）

*通訊作者。 E-mail: shhuang@dns.caes.gov.tw

前 言

水稻不僅是亞洲地區約二十億人口之主食，也是拉丁美洲及非洲等地區數千萬人之食物來源[28]。在台灣，水稻爲面積最大之栽培作物，其耕作面積目前約 25 萬公頃，佔總耕作面積之 30.8% [43]。水稻生長栽培過程中，病蟲害的防治爲確保水稻生產之重要因子。在亞洲地區，水稻生產受到害蟲爲害所造成之產量損失平均爲 31.5%[28]；在台灣一、二期稻作之蟲害損失分別爲 15%及 30%[19]。然而在台灣之水稻蟲害的發生除了地方性害蟲種類（如二化螟 *Chilo suppressalis* (Walker)、三化螟 *Scirpophaga incertulas* Walker、鐵甲蟲 *Dicladispa armigera* (Oliver)、黑椿象 *Scotinophara lurida* (Burmeister)及負泥蟲 *Oulema oryzae* (Kuwayama) 等）及境外入侵種類（如水稻水象鼻蟲 *Lissohoptrus oryzophilius* Kuschel）外，尚有隨著氣流進行長距離遷移性之害蟲種類（如褐飛蝨 *Nilaparvata lugens* (Stål)、白背飛蝨 *Sogatella furcifera* (Horváth) 及水稻縱捲葉蟲 *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) 等）[23]，是故，水稻害蟲綜合防治必須整體考量，特別是遷入性害蟲之情況，才能達到有效、經濟之蟲害管理目的。

東亞地區水稻害蟲發生之演變

作物病蟲害之發生、流行與改變，與其寄主植物及其所處環境之改變有著密切之關聯。東亞地區水稻害蟲發生之改變最主要原因爲寄主植物（水稻）品種之改變。主要原因爲 1969 年，在菲律賓的國際稻米研究所 (International Rice Research Institute, IRRI) 培育出半矮性且高產的水稻品種 – IR8；1974 年，中國培育出雜交稻 (hybrid rice)，此類水稻品種（系）多爲秈稻 (indica varieties)，產量較一般水稻品種高出許多，對於未開發或開發中國家糧食短缺之紓緩相當重要，但因此類水稻植株特性爲粗桿穗大、葉片茂密、顏色濃綠、植株分櫱多、組織疏鬆等特性，生產及栽培過程亦需要更多肥料及良好灌溉系統的配合，此舉亦創造適於多種害蟲生長及發育之高濕、遮蔽等環境，進而造就許多害蟲族群大發生，如水稻飛蝨類（褐飛蝨、白背飛蝨及斑飛蝨 (*Laodelphax striatella* (Fallen))）、稻癭蚋 (*Orseolia oryzae* (Wood-Mason))、螟蟲類（大螟、二化螟及三化螟）及水稻縱捲葉蟲等[1, 5, 8, 41]。特別是中國大陸之雜交稻，因其高產之特性，目前之栽培面積及產量分別佔中國之 60%及 60%[10]。中國甚至將此雜交稻推廣種植於亞洲其他地區（如印尼、巴布亞新幾內亞及菲律賓等地），其中亦包含東亞地區遷移性害蟲蟲源發生，且相當重要的越冬場所之地區（越南北部）[10]。

亞洲多數地區水稻耕作每年 2-3 期作，耕作期重疊且耕作制度混雜，水稻害蟲寄主植物（水稻）終年綿源不絕、害蟲發生世代數增加；加上爲了確保水稻生產，除高量

氮肥之施用，另外大量且不當使用藥劑爲主之蟲害防治方法，不僅無法抑制個體小、世代短及繁殖力強等 r 型害蟲之猖獗危害，更造成害蟲抗藥性之迅速產生[29, 41]。

此外，針對種植 IR8 及雜交稻等高產水稻品種所引發水稻褐飛蝨嚴重發生之情況，國際稻米研究所早於 1973 年起即培育出 IR26 及 IR36 等含抗褐飛蝨基因 *Bph1* 及 *bph2* 等抗蟲品種；中國培育出之雜交稻也很快的利用導入抗性基因 (*Bph1* 及 *bph2* 等抗蟲基因) 來壓抑褐飛蝨族群快速增長及降低爲害，但也因此陸續引發生物小種 (biotype) 的改變及害蟲取代 (pest replacement) 之問題，特別是造成白背飛蝨崛起[12, 41]。

水稻害蟲相及族群特性之改變，除造成當地水稻害蟲防治之困擾，對於長距離遷移性害蟲種類，於遷入地區（如台灣）所引發之蟲害管理問題，亦爲當地政府如何有效掌控、防範及管理之重要課題。

東亞地區水稻飛蝨類害蟲之遷移

在東亞地區，較著名之遷移性害蟲有褐飛蝨、白背飛蝨、水稻縱捲葉蟲、粟夜盜 (*Leucania separata* Walker) 及直紋稻苞蟲 (*Parnara guttata* Bremer et Grey) 等[9]。而遷入台灣之害蟲則以飛蝨（褐飛蝨及白背飛蝨）及水稻縱捲葉蟲爲主[23]。東亞地區針對褐飛蝨及白背飛蝨之遷移研究較爲詳盡，本文則以此兩種飛蝨爲主，介紹其於東亞地區之遷移情形。

此兩種飛蝨最主要之越冬族群來自北越紅河三角洲[13]，翌年 3-5 月遷移至中國華南繁殖 1-2 世代，然後於 6-7 月，隨著低層噴射氣流 (low-level jet stream) 往東北方向遷移至日本及韓國[9, 11, 32, 38, 40]。遷移進入台灣之氣候條件有下列幾種類型：1. 鋒面型 (frontal type)：例如冷鋒 (cold front) 及滯留鋒 (stationary front)；2. 低壓環流型 (depression circulation)：例如颱風 (typhoon)、熱帶性低壓 (tropical depression) 及移動性低壓 (mobile depression)；3. 西南氣流型 (southwestern airflow) 及 4. 副熱帶高壓型 (subtropical high pression)，其中又以颱風爲最重要之氣候條件。遷入蟲源可來自北越、中國華南地區及菲律賓呂宋島等地，而中國爲台灣最主要之遷入蟲源地區[26, 27]。

此外，中國現今推廣水稻收穫後免耕犁，直接種植小麥之免耕栽培制度，造成共通性害蟲（如斑飛蝨）族群得以延續、繁衍，加速斑飛蝨所媒介之病害包含水稻條紋葉枯病 (rice stripe disease)、玉米粗縮病 (maize rough dwarf disease)、小麥叢矮病 (wheat rosette stunt virus, RSV) 及水稻黑條矮縮病 (rice black-streaked dwarf virus) 等多種病毒嚴重發生。其中水稻條紋葉枯病 (RSV) 於江蘇省普遍流行發生，2003 年發生面積高達 113 萬公頃，植株帶毒率高達 5-25%，嚴重發生田產量損失達 50%以上，甚至 100%。該病害近年逐漸擴散發生至浙江、安徽等省份，造成稻作生產之嚴重爲害與威脅[1]。

日本在 2008 年九州長崎地區，水稻縞葉枯病 (RSV) 之發生率突然上升至 68%，較以往平均僅 2%左右高出許多，經利用誘蟲燈每日誘捕蟲源之資料，與水稻本田中縞葉枯病發生情況，配合電腦遷移模擬系統分析，結果證明分布於溫帶及亞熱帶地區之斑飛蝨，可由中國大陸江蘇及浙江地區遷飛進入九州長崎地區。另外經由化驗遷入蟲源之帶毒率高達 9.2-10%，遠比當地族群之 2% 高出甚多而更間接證實。

台灣對於斑飛蝨之遷移研究並不多，對其所媒介之縞葉枯病，甚至突然嚴重發生之爲害調查亦闕如，日本之嚴重發生及初步研究成果值得我們警惕、注意，隨著斑飛蝨於中國的逐漸向南擴散現象，有朝一日，帶毒的斑飛蝨隨適當氣流遷入台灣的機率勢必漸增，台灣水稻之生產勢必面臨另外一嚴重威脅。

台灣水稻害蟲發生之概況

台灣的水稻害蟲發生及改變與亞洲其他地區類似，由早期水稻增產時期，育種人員積極選育高產之水稻品種，配合大量施用化學肥料及殺蟲劑，以達到水稻增產之目的；加上地下水的開發及塑膠布覆蓋應用於水稻育苗等耕作技術，逐漸改變台灣水稻耕作制度，成爲兩個明顯的期作，致使早期水稻主要害蟲由鐵甲蟲、黑椿象、三化螟及負泥蟲等，逐漸變成褐飛蝨、白背飛蝨、斑飛蝨、水稻縱捲葉蟲及葉蟬等害蟲爲主[23]。

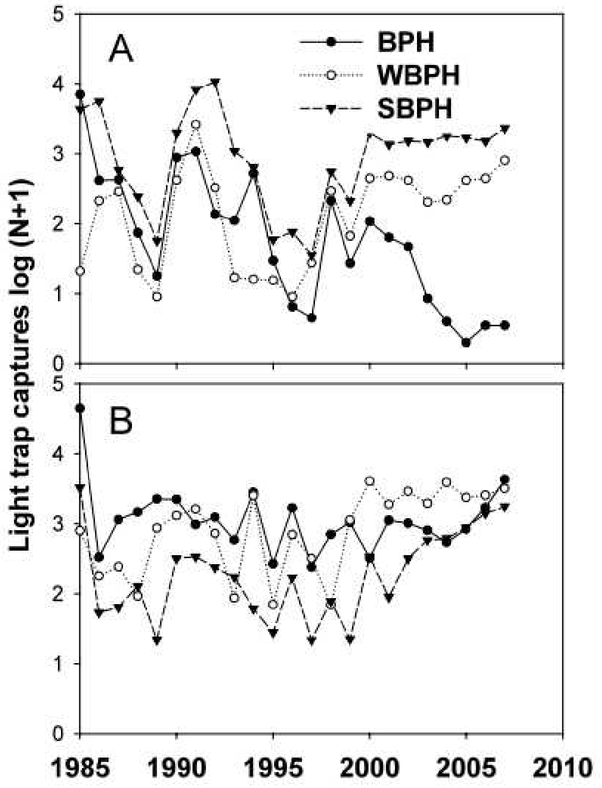
後來在政府隨著國民所得提高、白米消費量下降，導致稻米生產過剩問題，從 1984 年開始推動「稻米生產及稻田轉作六年計畫」，鼓勵稻田轉作雜糧、園藝作物及休耕。於 1998 年開始，爲符合世界貿易組織 (WTO) 規範、兼顧農民福祉，加強農田生態保育，維護農地永續利用等三項政策目標，而推出「水旱田利用調整計畫」，全台灣之水稻種植面積由 1984 年之 58.7 萬公頃逐漸降低至目前 23 萬公頃左右；休耕面積亦由 1984 年之 3.3 萬公頃左右，至 2005 年，面積超過 20 萬公頃[18]，而休耕面積轉作綠肥或其他作物，在病蟲害防治措施未落實之前，則易導致雜食性害蟲之大發生。

加上現今社會注重食品健康及養生概念，部分水稻產業逐漸發展成有機農業，此等政策措施及耕作制度之轉變，均會造成水稻害蟲發生種類隨之改變，未來管理政策勢必隨之調整。

現今台灣兩個水稻期作中，目前主要發生之水稻害蟲種類，一期稻主要以二化螟、斑飛蝨及局部地區之水稻水象鼻蟲爲主；二期稻則以水稻縱捲葉蟲、稻飛蝨（褐飛蝨、白背飛蝨及斑飛蝨）、螟蟲（大螟及二化螟）、葉蟬類（黑尾葉蟬 *Nephotettix cincticeps* (Uhler) 及電光葉蟬 *Recilia dorsalis* (Motschulsky)）及局部地區發生之水稻水象鼻蟲爲主[23]。其中之水稻水象鼻蟲爲外來入侵種，自 1990 年首次發現於桃園開始，目前則擴散至彰化以北及花東地區等水稻栽培地區[23]。三種水稻飛蝨及水稻縱捲葉蟲爲遷移性

害蟲。二化螟、大螟及葉蟬類為台灣地區發生之害蟲種類。

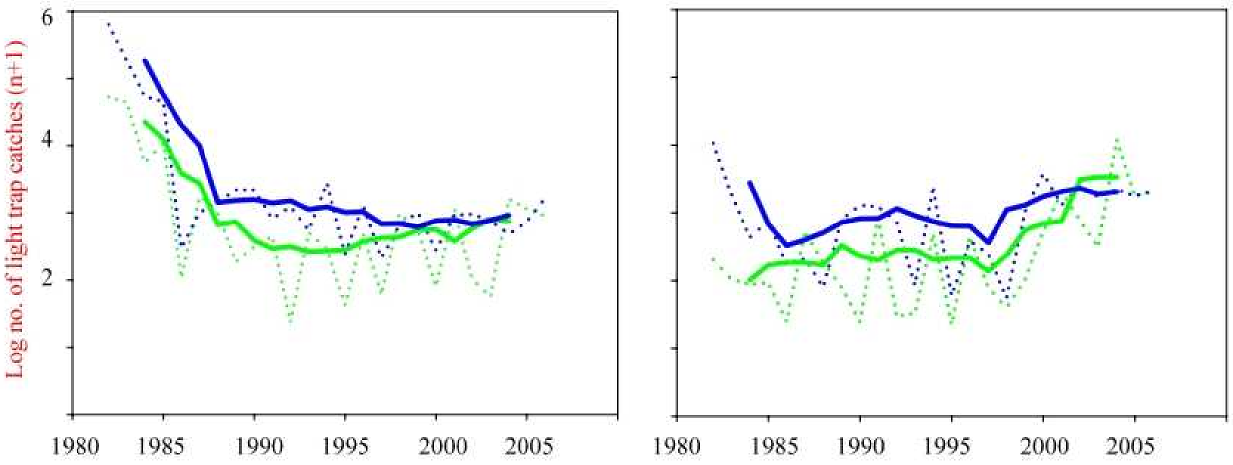
嘉義農業試驗分所多年來從事水稻害蟲長期偵（監）測、害蟲生態及防治等相關研究，已累積二十餘年資料，經分析 1985-2007 年於水稻一期作（1-6 月）及二期作（8-12 月）誘蟲燈捕獲蟲數之周年變化，可得知三種飛蝨中，一期作以斑飛蝨為主要發生種類，但其族群於一、二期作有逐漸增加之現象；白背飛蝨在 2000 年左右，成為二期作主要發生種類；但褐飛蝨之族群於 2006 年開始，有逐漸增加之現象，甚至超越白背飛蝨之趨勢（圖一）。



圖一、1985-2007 年間嘉義地區一期(A)與二期(B)水稻期間誘蟲灯捕獲褐飛蝨(BPH)、白背飛蝨(WBPH)及斑飛蝨(SBPH)之年度變化。

Fig 1. Annual fluctuation of the total catches of brown planthopper, whitebacked planthopper and smaller brown planthopper in the first cropping season (A) and second cropping season (B) in a light trap from 1985 to 2007 at Sikou, Chiayi.

另外分析過去二十餘年資料，顯示於 7-8 月主要遷入時期，每五年平均捕獲量 (5-year moving average) 變化（圖二），褐飛蝨之族群在 1985 年開始呈現逐漸下降之趨勢；反之，白背飛蝨則於 1988 年開始呈現逐漸增加之趨勢。而在二期稻作期間 (9-12 月) 飛蝨之捕獲量 ($\hat{y}$)，與 7-8 月遷入期之捕獲蟲數 (x) 呈現正相關（分別為 $\hat{y} = 0.9402 + 0.841x$ (r^2=0.669)** 及 $\hat{y} = 1.8015 + 0.4523x$ (r^2=0.292)**），此結果顯示於 7-8 月間之遷入蟲量，為影響水稻二期作害蟲族群發生之主要因子[31]。



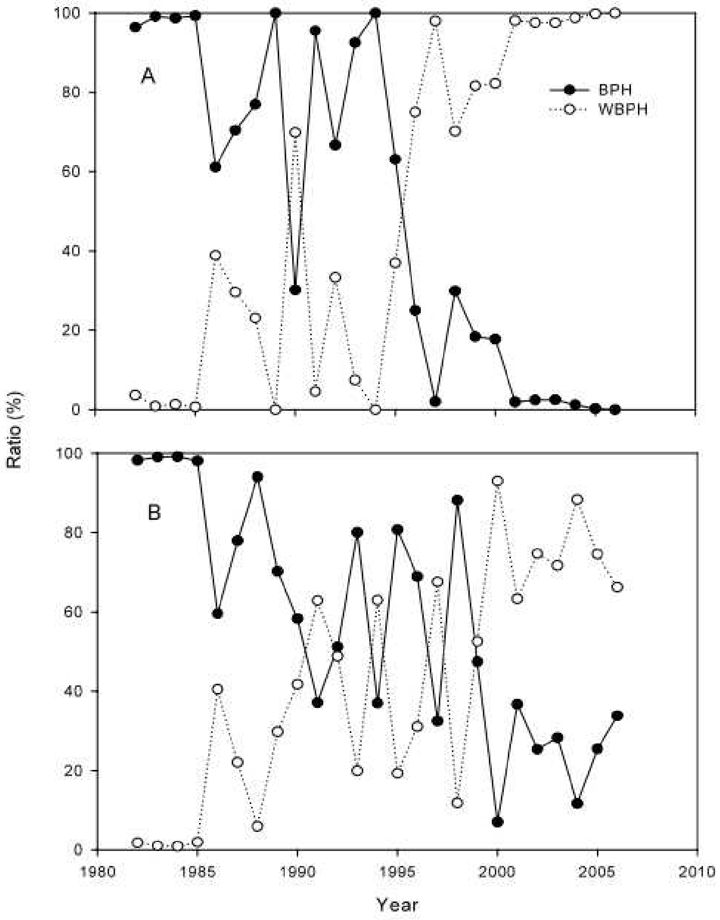
圖二、嘉義地區褐飛蝨(BPH)及白背飛蝨(WBPH)於誘蟲燈捕獲蟲數一年（虛線）及五年平均（實線）蟲數之變動情況 (Huang *et al*., 2007)。

Fig 2. Fluctuations of the annual catches (dashed line) and 5-year moving average numbers of catches (solid line) of the brown planthopper and whitebacked planthopper in a light trap at Sikou, Chiayi.

另外分析於第一及二期作水稻期間之誘蟲燈捕獲蟲數中，褐飛蝨及白背飛蝨捕獲百分比之變化（圖三），結果顯示於第一及二期作水稻分別於 1996 及 1999 年起，白背飛蝨發生比例明顯高於褐飛蝨（分別高於 90%及 60%），此原因主要爲遷入蟲源中，白背飛蝨遠多於褐飛蝨所致[31]。而白背飛蝨族群在遷出地區（中國）之猖獗發生及危害[6, 7, 10]，亦有報告指出造成遷入地區（日本）飛蝨類害蟲發生改變之情形[4, 14, 39]。

水稻縱捲葉蟲於台灣亦可少量越冬，二期作爲其主要發生期，其族群於 1997 年開始明顯增加，此後，偶而於水稻一期作後期嚴重爲害，但近年來於水稻二期作初期，即已造成嚴重捲葉爲害，推測此情況與其遷入時期及遷入量有密切關聯。而在遷出地區蟲量大發生之原因，與雜交稻大量種植及施用化學肥料、藥劑使用殺死天敵等因素有關[3]。

二化螟及大螟在嘉義地區分別爲一期作及二期作之蛀食水稻害蟲主要種類（圖四），而近年來大螟族群有逐漸上升之趨勢，推測與種植甘蔗效益降低、種植面積縮小且粗放管理，導致大螟轉移爲害至水稻上；此外，水稻耕作面積縮減，休（廢）耕面積逐漸增加，加上有機栽培制度逐漸盛行，此等耕作制度的改變有密切關係[17]。

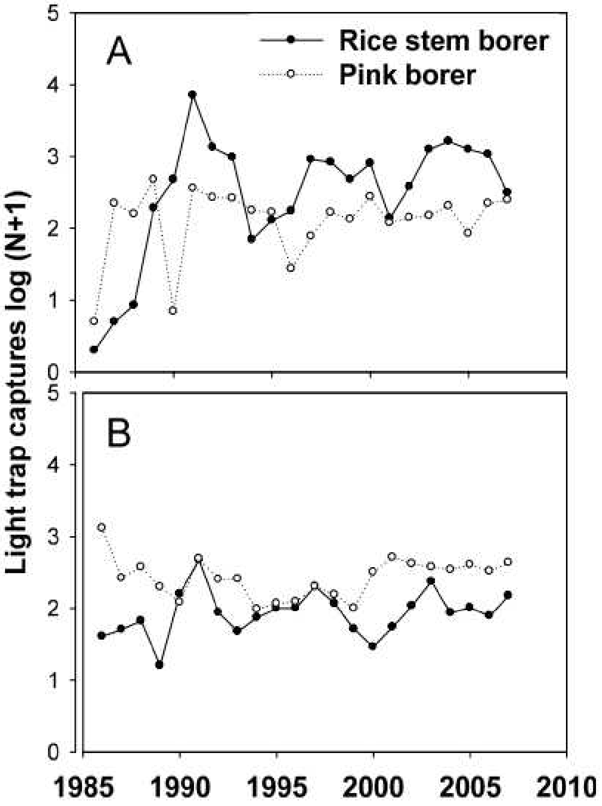


圖三、嘉義地區一期(A)與二期(B)水稻期間誘蟲灯捕獲總蟲數褐飛蝨(BPH)及白背飛蝨(WBPH)之每年所佔比例變化 (Huang *et al*., 2007)。

Fig 3. Annual change in the ratio of brown planthopper and whitebacked planthopper in the total catches of a light trap during the first rice cropping season (A) and second rice cropping season (B) at Sikou, Chiayi.

水稻黑尾葉蟬及電光葉蟬之調查紀錄由 2002 年開始（圖五），資料顯示於兩個水稻期作之族群均相當高，特別是水稻抽穗、乳熟期後，其聚集爲害水稻穗部，造成水稻產量及品質之損失，有待進一步之研究。

台灣水稻害蟲相之改變亦與亞洲其他地區相似，受到本身水稻栽培品種、耕作制度及栽培管理等因素之改變，除需對台灣局部性發生害蟲種類制定適當之整合性防治方法外，如何針對上述於水稻遷移性害蟲於遷出地區，因水稻品種及栽培管理所引發相關蟲害發生改變之問題，擬定適當防治策略，亦爲台灣水稻害蟲綜合管理必須考量之課題[23]。



圖四、1985-2007 年間嘉義地區一期(A)與二期(B)水稻期間誘蟲灯捕獲二化螟(rice stem borer)及大螟(pink borer)之年度變化。

Fig 4. Fluctuations of the annual catches of rice stem borer and pink borer in the first cropping season (A) and second cropping season (B) in a light trap from 1985 to 2007 at Sikou, Chiayi.

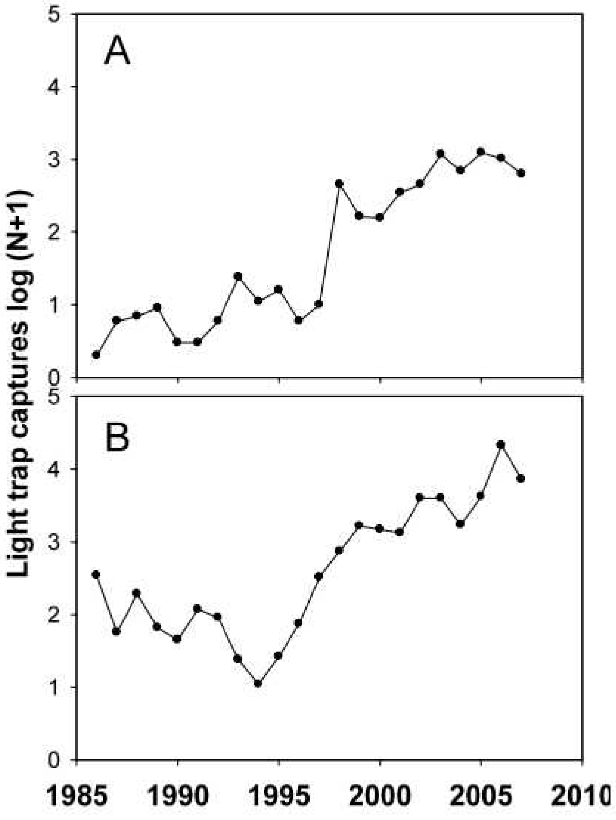
台灣水稻害蟲防治之展望

水稻為台灣最大宗栽培之作物，在台灣發生之水稻害蟲除本地種類外，如何預防外來種入侵及有效偵（監）測海外遷入蟲源之遷入及族群變化等，為有效掌控及擬定適當防治策略之重要課題。另外因現今種植水稻獲益微薄，加上從事農業人口高齡化問題嚴重，如何省工、省時等經濟栽培方式，亦為未來防治研究發展方針之一。

一、遷移性害蟲之偵（監）測

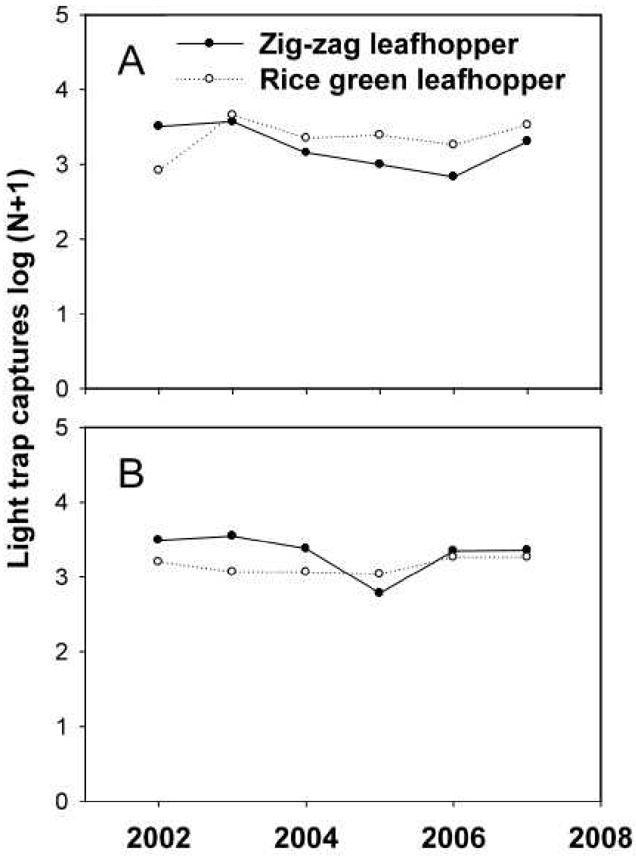
雖然水稻褐飛蝨、白背飛蝨及水稻縱捲葉蟲等為長距離遷移性害蟲，但此等害蟲在台灣均可以少量族群越冬，惟由海外遷入之蟲源為主要造成水稻為害之來源，如何早期預警、事先防範蟲害之發生，達到事半功倍之防治成效，為有效綜合管理防治之基礎。

針對水稻飛蝨類害蟲海外遷入蟲源之偵（監）測，日本已開發利用數値氣象預測模式 (numerical weather prediction model) 系統 (MM5)，以每小時爲間隔預測三度空間大氣氣流變化；加上飛蝨遷移模擬系統 (GEARN)，計算以每三小時爲間隔，模擬及預測飛蝨在大氣中移動相對的密度，而將上述結果轉成圖檔 (圖五)，而此於大氣中相對密度之圖示，提供未來兩天隨時間遷移的變化與擴散地區分布[35, 36]。並可以實際捕捉到遷移族群之情況，利用上述系統回溯軌跡分析方式 (圖六)，則可推測出此族群遷移之歷時 (duration)、遷移路徑 (migration course)、高度 (height) 及區域 (region) 等[34]。此等電腦模擬預測模式技術於日本初步已建立完備，可提供我們參考應用，但針對其他遷移性害蟲之模擬預測模式之建立尚未完備，目前仍須仰賴傳統之誘蟲燈及田間調查等監測方式，相信未來能逐漸發展出適當電腦模擬程式供參考與應用。



圖五、1985-2007 年間嘉義地區一期(A)與二期(B)水稻期間誘蟲灯捕獲水稻縱捲葉蟲之年度變化。

Fig 5. Fluctuations of the annual catches of rice leaffolder in the first cropping season (A) and second cropping season (B) in a light trap from 1985 to 2007 at Sikou, Chiayi.



圖六、2002-2007 年間嘉義地區一期(A)與二期(B)水稻期間誘蟲灯捕獲電光葉蟬(zig-zag leafhopper)及黑尾葉蟬(rice green leafhopper)之年度變化。

Fig 6. Fluctuations of the annual catches of the zigzag leafhopper and rice green leafhopper in the first cropping season (A) and second cropping season (B) in a light trap from 2002 – 2007 at Sikou, Chiayi.

二、遷移性害蟲族群特性 (properties) 之監測

主要可分成二大部份，(一)、抗藥性 (Insecticide resistance)：因台灣不僅面臨局部蟲源，更有外來遷移進入之部份，而如何有效監測其抗藥性及降低殺蟲劑的選汰壓力，成爲相當重要之課題。唯有瞭解遷移性害蟲抗藥性發生情況，未來才有可能利用不同殺蟲機制藥劑輪用方式，混合不同作用機制藥劑種類或按順序施放不同類型殺蟲機制之藥劑等方式，以達到經濟有效之藥劑防治方法[29]。

（二）、生物小種 (Biotype) 之問題：針對褐飛蝨嚴重發生爲害之情況，東南亞各國家多以利用抗蟲性品種作爲主要防治策略，卻迅速引發生物小種改變[37, 41, 42]，無法長久抑制飛蝨所造成的爲害之情況，可了解僅依賴抗蟲品種做爲褐飛蝨蟲害管理之唯一手段是不可靠的，必須考量到各種栽培品種抗性上之策略應用，包含水平抗性 (horizontal resistance)、容忍抗性 (tolerance) 及抗性基因輪用 (gene rotation) 種植之方

式[29]。但上述前二者於雜交育種上不易選育達成，所以可利用不同抗性基因之品系交互輪用種植一段時間，以避免及降低不同生物小種害蟲之發生，間接降低其為害損失[23, 37]。

台灣目前水稻最主要栽培品種為稉稻 (佔 90%以上)（表一），其中台南 11 號、台稉 16 號及台中秈 10 號為抗褐飛蝨品種 (具抗褐飛蝨基因 *Bph1* 及 *bph2*)，三者約佔台灣稻作栽培面積 50.8%[44]。目前之針對褐飛蝨生物小種初步偵測結果顯示，生物小種第二及三型已普遍存在於台灣（表二），意味著台灣目前所謂之抗蟲品種已失去效力，冀望未來與水稻育種學者，引進具 *Bph3* 及 *bph4* 抗性基因之品種，進入水稻育種體系中，培育其他具不同抗性基因之品種，甚至將其他不同來源之抗性基因，利用分子輔助育種 (Molecular Marker-Assisted Breeding) 之方式，將不同抗蟲基因堆疊於水稻優良品種中，可作為我們對於褐飛蝨生物小種為害管理技術之參考與應用。

表一、台灣水稻主要栽培品種面積及所佔百分比

Table 1. The area and percentage of major cultivated rice varieties in Taiwan

品　種	面積(x1000 公頃)	百分比(%)	褐飛蝨抗性基因
台南 11 號	90.5	39.0	*Bph1*
台稉 14 號	25.2	10.8	------
台稉 8 號	19.2	9.8	------
台稉 16 號	16.9	7.3	*Bph1*
台中秈 10 號	10.5	4.5	*Bph2*

(農委會,2007)

表二、台灣四個不同地區採集之褐飛蝨品系在含有不同抗蟲基因水稻品種上之存活率

Table 2. Percentages of virulent females of four BPH strains on the rice varieties carrying different resistance genes in Taiwan

		2007 – 褐飛蝨品系			
品種	抗性基因	太 保	後 壁	台 東	屏 東
Mudgo	*Bph1*	83(83)	87(87)	85(85)	85(65)
ASD7	*Bph2*	94(94)	85(85)	80(80)	75(65)
Rathuheenati	*Bph3*	42(4)	20(2)	40(10)	25(10)
Babawee	*Bph4*	75(8)	45(13)	57(13)	35(15)

*括弧內數字表示雌成蟲在接入各水稻品種五天後，腹部膨大之百分率

三、害蟲族群之偵測與發生預測

台灣因天然區域環境條件之差異，而分成許多不同之區域試驗改良所。水稻害蟲族群在各區域內田間之發生種類、消長及爲害亦不盡相同。爲了解害蟲於當地生態及提供適時防治參考之資料，長期生態調查等基本資料之累積極具重要性，也唯有累積多年之資料，才能更近一步分析其族群發生與爲害損失間之關係，做爲該地區害蟲發生預測及蟲害管理之參考[23]。

目前於嘉義地區已完成對水稻之褐飛蝨、白背飛蝨、斑飛蝨、二化螟及縱捲葉蟲，完成發生預測程式之建立[20, 21, 22, 24, 25]，而此程式僅適用於嘉義地區，其他地區則可依據主要害蟲於該地區發生生態及爲害損失情況，再參考此程式之模式與參數之選擇，發展出適於該地區之預測模式，於害蟲族群尚未達到經濟爲害之時，事先發佈警報及防治，以達到早期預防、降低損失之成效。

四、以生物防治為主之綜合防治法

在亞洲熱帶地區，學者鼓勵以保育天敵等生物防治、抗蟲品種及大面積同步種植等方法爲主之綜合防治方法，並建立農民對作物受害蟲爲害的抵抗性及容忍性的了解與信賴，摒棄由化學藥劑爲主的水稻害蟲之綜合防治，初步並可獲得良好成效，惟此方法於氣候異常或遷移性害蟲之特殊情況下，害蟲亦有可能爲害成災[33]。但此觀念及想法之落實，對於台灣日益重視之有機農業發展與應用，提供他山之石的寶貴經驗。如何整併國外研究與實際應用之經驗於國內，爲台灣未來推廣農藥減量使用及有機水稻產業發展方向之一。

五、經濟施藥防治法

在日本，爲確保水稻安全生產及品質，早已積極研究利用育苗箱藥劑處理等方式進行有效及經濟之蟲害防治，由於使用方便、效果顯著，自 1983 年全國已有 44%稻田使用此一方法，其中東海、九州及關東水稻區更高達 60%以上[30]。在台灣之研究利用 0.3%芬普尼 (fipronil) 粒劑 120 g/box、及 2%益達胺 (imidacloprid) 粒劑 50 g/box 等藥劑，以育苗箱藥劑處理方式處理，顯示益達胺及芬普尼對二化螟蟲爲害及飛蝨類族群之抑制效果甚佳；而芬普尼對瘤野螟之防治效果較佳，顯示以育苗箱藥劑處理之防治效果較爲經濟、有效。且處理藥劑及處理方式對捕食性天敵之影響均不明顯[16]。顯示育苗箱藥劑處理於防治水稻生育早期害蟲具良好成效，對於水稻抽穗後之害蟲，應於水稻孕穗中、後期留意其發生狀況，需要時應加施用一至二次藥劑，以預防害蟲的可能危害[16]。另外，日本之研究亦顯示益達胺育苗箱處理對水稻水象鼻蟲、負泥蟲及稻葉姬潛蠅(*Hydrellia griseola* Fallen) 亦具良好防治效果，而芬普尼處理對水稻水象鼻

蟲、負泥蟲、二化螟、小稻蝗 (*Oxyza hyla intricata* (Stål))、稻苞蟲 (*Parnara guttata* Bremer et Grey) 等之防治效果頗佳[2]。未來應用育苗箱藥劑處理應朝向擴大使用範圍（害蟲種類）及層面（病、蟲、草害）上，達到一次施用、多重層面保護之經濟成效。

結　論

水稻為台灣最大宗栽培作物，蟲害的發生隨著政府水稻政策及耕作制度等因素而改變，蟲害之發生除地區性害蟲種類外，經由人為攜帶或隨貨物進入之入侵種，及由海外長距離遷入之種類，三者之族群於台灣各區域發生及繁衍，對台灣水稻造成不同嚴重程度之為害損失。而其中，如何偵（監）測海外遷入蟲源之特性（包含遷入之害蟲種類、生物小種及抗藥性等），達到預警及掌控有效防治，並配合其他耕作管理制度及防治方法，為達到台灣水稻害蟲綜合管理措施之重要課題。

此外，中國為台灣遷移性害蟲之主要遷出來源地區，地理位置比鄰，加上近年來政府擴增貿易之政策，加速彼此之物質運送及交流等，疫病蟲害也容易藉此管道輸出入，許多局部性發生之害蟲種類極易藉此傳播、發生，造成嚴重之為害。諸如目前在台灣雖無亞洲水稻癭蚋之分布，但仍需注意防範其入侵危害，避免因貿易引進之介質，或人為攜帶活體植物，夾帶蟲源引入台灣，導致水稻害蟲發生相改變及複雜化，徒增生產成本及影響稻作安全生產，為每位國民應有之防疫檢疫觀念與體認[15]。

日本與台灣水稻害蟲發生情況類似，目前其針對部分海外遷入蟲源之偵（監）測工作已建立較完整體系可供我們參考，然而台灣之研究除基本之偵（監）測調查及各區域水稻害蟲防治研究外，尚需要各領域研究學者相互合作、長期監測執行，諸如害蟲遷移模擬系統、生物小種、抗藥性檢測及害蟲發生預測模式之建立研究等，才能使台灣水稻害蟲研究更趨完善，以確保台灣水稻安全生產。

引用文獻

1. 王艷青。2006。近年來中國水稻病蟲害發生及趨勢分析。中國農學通報 22: 343-347。
2. 石黑清秀。1998。日本北部病蟲害防治策略及發展方向。植物防疫 52: 115-118。（日文）
3. 李紹石。1992。稻縱卷葉螟發生和危害程度分析。中國稻縱卷葉螟的治理，第 24-28 頁。胡國文、郭玉杰、李紹石編。中國農業科技出版社。北京。中國。
4. 松村正哉、渡邊朋也。2002。近年來長距離遷移性稻飛蝨在其遷出源地區之發生趨勢。植物防疫 56: 316-318。（日文）

5. 胡美英、許再福、黃炳球、鍾國華、侯任環。2003。稻癭蚊綜合防治新技術與示範。植物保護學報 30: 401-406。
6. 胡國文、唐 健、湯金儀。1992。在中國白背飛蝨之發生現狀。植物防疫 46: 219-222。（日文）
7. 高蘋、吳洪顏、武金崗、楊榮明。2004。水稻白背飛蝨發生程度的長期預測模型。昆蟲知識 41: 318-323。
8. 唐啓義、胡國文、唐健、胡陽。1998。白背飛蝨猖獗頻率增加與雜交稻面積增加的關係分析。西南農業大學學報 20: 456-459。
9. 張孝羲。1991。遷飛性害蟲。中國水稻病蟲害綜合防治策略與技術，第 29-82 頁。杜正文 主編。農業出版社。北京。中國。
10. 寒川一成。2007。中國粳稻及白背飛蝨。獨立行政法人 國際農林水產業研究中心。筑波。日本。186 頁。（日文）
11. 寒川一成、渡邊朋也、鶴町昌市。1988。褐飛蝨之遷出蟲源地及由海外遷入原因考查。九州病蟲研會報 34: 79-82。（日文）
12. 程遐年。2002。褐飛蝨的種群生物學特性。褐飛蝨研究與防治，第 43-67 頁。程遐年、吳進才、馬飛編。中國農業出版社。北京。中國。
13. 程遐年、陳若篪、習學。1979。稻飛蝨遷飛規律的研究。昆蟲學報 22: 1-21。
14. 渡邊朋也、田中慶。2002。近年來長距離遷入稻飛蝨之遷入趨向及預測其發生之氣象分析新技術。植物防疫 56: 459-462。（日文）
15. 黃守宏、鄭清煥。2006。東南亞及華南地區水稻栽培之重要害蟲 – 亞洲水稻癭蚊。技術服務 66: 16-18。
16. 黃守宏、鄭清煥、程永雄。2005。育苗箱藥劑處理對水稻害蟲之防治效果及其對捕食性天敵之影響評估。中華農業研究 54: 1-14。
17. 黃守宏、鄭清煥、楊繡瑛。2008。台灣中部地區蛀食水稻螟蟲類之發生趨勢調查。植保會刊 Vol.50:（已接受，未出刊）。
18. 黃添財。1999。台灣稻米生產概況及政策之演變。台灣稻作發展史，第三章。張彩泉編。中華農藝學會、豐年社印。台中。
19. 鄭清煥。1979。水稻褐飛蝨的經濟爲害水平之研究 II.褐飛蝨棲群密度與水稻產量損失之關係。科學發展月刊 7: 1103-1114。
20. 鄭清煥。1990。嘉南地區褐飛蝨之族群動態及其發生預測之研究。中華昆蟲 10: 1-25。
21. 鄭清煥。2000。應用性費洛蒙於水稻二化螟蛾族群之發生偵測與預測。植保會刊 42: 201-212。

22. 鄭清煥。2003。水稻斑飛蝨之族群變動及發生預測。植保會刊 45: 17-33。

23. 鄭清煥。2003。台灣水稻害蟲綜合管理研究之回顧與展望。台灣作物病蟲害綜合管理研討會專刊，第 11-38 頁。程永雄、楊宏仁、倪蕙芳、黃守宏編。行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所印。嘉義。

24. 鄭清煥、吳昇晉。1999。水稻瘤野螟族群發生動態與預測。植保會刊 41: 199-213。

25. 鄭清煥、黃守宏。2004。水稻白背飛蝨之族群變動及發生預測。植保會刊 46: 315-332。

26. 鄭清煥、盧瑞良。1990。褐飛蝨及白背飛蝨由海外遷入嘉南地區之偵測及其氣象條件。中華昆蟲 10: 301-324。

27. 劉清和、鄭清煥、陳慶忠、王雪香、朱耀沂。1989。1987 年飛蝨類由海外遷入台灣地區之概況。中華昆蟲 9: 1-11。

28. Heinrichs, E. A. 1994a. Rice. pp. 1-11. *In*: E. A. Heinrichs, ed. Biology and Management of Rice Insects. Wiley Eastern, New Delhi, India. 779 pp.

29. Heinrichs, E. A. 1994b. Impact of insecticides on the resistance and resurgence of rice planthoppers. pp. 571-598. *In*: R. F. Denno, and T. J. Perfect, eds. Planthoppers: Their Ecology and Management. Chapman & Hall, New York, USA. 799 pp.

30. Hirao, J. 1984. Nursery-tray application of granular insecticides for the control of early-season insect pests of rice in paddy fields. J. Pesticide Sci. 44: 10-16.

31. Huang, S. H., Cheng, C. H., Chen, C. N., and Wu, W. J. 2007. The trend of occurrence and present status of brown planthopper and white-backed planthopper in Taiwan. pp. 27-35. *In*: National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region, ed. Proceedings, International Workshop on Forecasting and Management of Rice Planthoppers in East Asia: Their Ecology and Genetics, December 4-5, 2007, Kumamoto, Japan.

32. Kisimoto, R., and Sogawa, K. 1995. Migration of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* and the white-backed planthopper *Sogatella furcifera* in East Asia: The role of weather and climate. pp. 67-91. *In*: V. A. Drake, and A. G. Gatehouse, eds. Insect Migration: tracking resources through space and time. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 478 pp.

33. Matteson, P. C. 2000. Insect pest management in tropical Asian irrigated rice. Annu. Rev. Entomol. 45: 549-574.

34. Otuka, A., Dudhia, J., Watanabe, T., and Furuno, A. 2005a. A new trajectory analysis method for migratory planthoppers, *Sogatella furcifera* (Horvath) (Homoptera:

Delphacidae) and *Nilaparvata lugens* (Stål), using an advanced weather forecast model. Agric. Forest Entomol. 7: 1-9.

35. Otuka, A., Watanabe, T., Suzuki, Y., Matsumura, M., Furuno, A., and Chino, M. 2005b. A migration analysis of the rice planthopper *Nilaparvata lugens* from the Philippines to East Asia with three-dimensional computer simulations. Popul. Ecol. 47: 143-150.
36. Otuka, A., Watanabe, T., Suzuki, Y., Matsumura, M., Furuno, A., and Chino, M. 2005c. Real-time prediction system for migration of rice planthoppers *Sogatella furcifera* (Horvath) and *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae). Appl. Entomol. Zool. 40: 221-229.
37. Rombacher, M. C., and Gallagher, K. D. 1994. The brown planthopper: promises, problems, and prospects. pp. 693-709. *In*: E. A. Heinrichs, ed. Biology and Management of Rice Insects. Wiley Eastern, New Delhi, India. 779 pp.
38. Seino, H., Shiotsuki, Y., Oya, S., and Hirai, Y. 1987. Prediction of long distance migration of rice planthoppers to northern Kyushu considering low-level jet stream. J. Agric. Meteorol. 43: 303-308.
39. Sogawa, K. 1992. Rice brown planthopper (BPH) immigrants in Japan change biotype. Int. Rice Res. Newsletter 17: 26-27.
40. Sogawa, K. 1997. Overseas immigration of rice planthoppers into Japan and associated meteorological systems. pp. 13-35. *In*: China National Rice Research Institute ed. Proceeding, Migration and Management of Insect Pest of Rice in Monsoon Asia. November 27-29, 1997. Hangzhou, China.
41. Sogawa, K., Lin, G. J., and Shen, J. H. 2003. A review on hyper- susceptibility of Chinese hybrid rice to insect pests. Chinese J. Rice Sci. 17(Supplement): 23-30.
42. Tanaka, K., and Matsumura, M. 2000. Development of virulence to resistant rice varieties in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae), immigrating into Japan. Appl. Entomol. Zool. 35: 529-533.
43. http://www.afa.gov.tw/GrainStatistics_index.asp?CatID=142
44. http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=17817

Abstract

Shou-Horng Huang [1], Ching-Huan Cheng [1], Chiou-Nan Chen [2] and Wen-Jer Wu [2]. 2009. The trend of occurrence and prospective control measures of rice insect pests in Taiwan. pp.131-147. *In*: Proceedings of Symposium on Achievements and Perspectives of Rice Protection in Taiwan. 160 pp. ([1] Department of Plant Protection, Chiayi Agriculture Experimental Station, ARI, Chiayi 600, Taiwan, ROC. [2] Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei 106, Taiwan, ROC.)

Rice is the largest cultivation crop in Taiwan. The shifts of rice insect pests mainly depend on the rice varieties, cultural pratices and so on. Nowadays, the major rice insect pests are the rice stem borer (*Chilo suppressalis*), smaller brown planthopper (*Laodelphax striatella*), rice water weevil (*Lissohoptrus oryzophilius*) in the first cropping season and the rice leaffolder (*Cnaphalocrocis medinalis*), brown planthopper (*Nilaparvata lugens*), whitebacked planthopper (*Sogatella furcifera*), smaller brown planthopper, rice stem borer, pink borer (*Sesamia inferens*) in the second cropping season. Among them, rice borers are domestic species, the rice water weevil is an invasive species and the rice planthoppers and rice leaffolder are immigrant species although they could overwinter in low population in Taiwan. Analysis of the light trap data of last 23 years (1985~2007) in Sikou, Chiayi county showed the population of the whitebacked planthopper, smaller brown planthopper and rice leaffolder tended to increase in the second crop season, and it seemed to be related with the change of species and numbers of immigrant and cultural practices in Taiwan. The population of whitebacked- and brown planthoppers during July to August were closely correlated to the occurrence of the two species in the following successive generations in paddy fields. Monitoring the immigrants species and the properties of populations including the biotypes, chemical resistance and so on is the most important factor for making the decisions of control. In addition, developing the time- and labor-saving methods for economic control of the rice insect pest is also important in the future. We suggest that the occurrence of pests in each district research stations has to be monitored periodically in order to develop proper methods for control of the pests accordingly. Further more, we also need to cooperate with other disciplines for developing the computer simulation model of immigrants, monitoring the biotypes and chemical resistance, forecasting systems of the pests and so on, to enable a better management tactics, and ensure the safety production of rice in Taiwan.

(Key words: Taiwan, rice, insect pests, occurrence and control.)

分子標誌在稻熱病菌族群遺傳研究之應用與展望

陳瑞祥*

嘉義市　國立嘉義大學生化科技學系

摘　要

陳瑞祥. 2009. 分子標誌在稻熱病菌族群遺傳研究之應用與展望. 台灣水稻保護成果及新展望研討會專刊，第 149-160 頁. 倪蕙芳、楊宏仁編. 160 頁. 農業試驗所印。

稻熱病是全世界水稻栽培的最主要病害之一。稻熱病菌常因與寄主間互動而導致的共同演化，使得生理小種複雜多變，特別是水稻育種多以直式抗病為主要選育目標，故水稻品種往往在大面積推廣數年後，因新的生理小種出現而造成嚴重的流行病。近年來，應用分子標誌所獲得的遺傳譜系，適時提供了輔助分析稻熱病菌族群遺傳結構的重要資訊。目前研究稻熱病菌族群遺傳的主要分子標誌包括 MGR586、MAGGY、Pot2 及 SSR 等，藉由這些分子標誌所獲得之 DNA 指紋圖譜分析結果，使得稻熱病菌族群遺傳之研究得以迅速進展。本文主要回顧分子標誌應用於稻熱病菌族群遺傳研究上的進展，並討論未來防治稻熱病的策略。

(關鍵詞：水稻稻熱病、稻熱病菌、分子標誌、族群遺傳)

* E-mail: rschen@mail.ncyu.edu.tw

緒 言

稻熱病 (Rice blast) 爲臺灣水稻最主要病害之一，主要發生在每年的第一期作，第二期作較爲輕微 [2]。根據臺灣省政府農林廳統計報告，在第一期作稻熱病發生面積佔水稻總栽培面積的十分之一以上，大發生之年份其發病面積更高達五分之一，估計稻穀損失達年總生產量之 1.5~5.0%，使稻農遭受嚴重損失 [1]。稻熱病雖可施藥防治，但除增加生產成本外，亦會影響生態，破壞環境，因此栽植抗病品種被認爲是稻熱病綜合管理體系中最經濟有效的防治方法，抗稻熱病育種亦成爲國內各改良場所從事水稻育種最主要目標之一 [1]。近年來新育成之水稻新品種對於稻熱病之抗性已有顯著之進步。對於減少稻熱病之危害，穩定稻米生產頗具貢獻，但稉稻品種之抗病性仍不及秈稻，而目前秈稻之栽培面積只佔水稻總面積之 10% 左右，使秈稻新品種之優良抗病性無法充分發揮，頗爲可惜。尤其目前主要栽培品種大多爲感病品種，若遇不良氣候適宜稻熱病發生之氣候環境，病勢將一發不可收拾，因此加速選育具有持久抗病性之水稻新品種實爲當務之急 [1]。

稻熱病菌 (*Magnaporthe oryzae*) 在自然界演化過程中形成的遺傳多樣性，是水稻品種抗病性容易喪失的主要原因之一 [28]。由於稻熱病菌常因與寄主間互動而導致的共同演化，使得生理小種複雜多變，特別是水稻育種多以直式抗病爲主要選育目標，故水稻品種往往在大面積推廣數年後，因新的生理小種出現而造成嚴重的流行病 [3]。過去二十年來，台灣地區陸續大規模栽培新育成的水稻品種，但有關稻熱病菌在田間族群的遺傳歧異性，以及不同水稻品種對稻熱病菌生理小種抗感病性方面的研究則付之闕如，亟待進一步研究深入探討。

稻熱病菌之生理小種

稻熱病菌個體間分別具有許多不同的生理特性，利用對水稻品種致病力不同，可以將稻熱病菌做種內分類成不同生理小種 (physiologic races)，又稱病原小種 (pathogenic races)。台灣稻熱病菌之生理分化問題，最初於 1952 年由 Hashioka 氏報告 [4]。農業試驗所則於 1957 年開始從事生理小種的測試研究工作，經人工接種及田間試驗，選定 16 個判別品種，測試稻熱病菌對各判別品種之致病性；自 1960 年起 16 年間，共測定 1871 個菌株，可區分爲 A、K、N、J、P、I 與 T 等七群，包括 78 個生理小種 [4]。另外國際間基於稻熱病菌生理小種鑑別的重要性，美國與日本學者在 1967 年選定 8 個品種作爲國際判別品種，並由稻熱病菌之致病反應，將菌型類別爲 A-H 等 8 群，爾後由國際稻米研究所作出小種的國際統一命名表。經農業試驗所於

1967 年試用國際判別品種測定結果發現，在台灣採集的菌株大部分屬於 ID、IE、IG 及 IH 等群，其中以 IG 群最多 (4)。由於在台灣的水稻栽培品種有稉稻 (japonica) 與秈稻 (indica) ，且水稻品種變遷也頗頻繁，故稻熱病菌生理小種的變化亦較國外複雜，而每年生理小種的分布及密度，主要受當年期作種植品中多寡所影響 (4)。

稻熱病菌生理小種的鑑別對於病害防治具有重要意義 (22)。傳統的鑑別方法是利用水稻判別品種劃分生理小種，此方法雖已延用多年且具有實用性，但劃分之病原型常因判別寄主而異，且結果易受環境條件及人為因素影響，難以具體反映稻熱病菌的族群遺傳結構。根據簡氏 (4) 指出，分離自同一病斑的稻熱病菌單胞菌株，可類別為不同病原型之生理小種，並且其中同時混雜有病原性較安定及不安定之各種生理小種。自感病型病斑上所獲得之菌株，經單胞培養後之致病反應，不一定完全呈感病性反應；而自抗病型病斑上所得之菌株，亦非全部成抗病性反應。同時此兩種菌型在繼代培養中之病原性均有逐代遞減之趨勢。因此，為了更精確闡明稻熱病菌與水稻寄主間的共同演化關係，應用分子標誌所獲得的遺傳譜系 (genetic lineage)，適時提供了輔助分析稻熱病菌族群遺傳結構的重要資訊。

應用分子標誌分析稻熱病菌族群之遺傳結構

遺傳結構泛指在族群內或族群間的遺傳差異性多寡與分佈情形，由此可藉以應用於自然界中對真菌族群異動的了解，如：病原菌在田間之演化速率，對於病原菌的防治方面提供可靠的資料。在農業生態系統中，病原菌的演化速率常因寄主植物基因型的改變而增快，具抗病性之作物品種往往由於新的病原菌菌系或生理小種的不斷產生，而無法長久持續其抗病能力。自然界中植物病原真菌族群結構可能受不同因素影響 (27)，包括 (1) 突變 (mutation)：可直接引起單一基因 DNA 序列改變，因而產生不同形式的等位基因 (allele)。(2) 逢機遺傳漂變 (random genetic drift)：由於遺傳族群大小而影響基因多樣性，較大的族群具有更強的演化潛力。(3) 基因流動 (gene flow)：當某一特定等位基因或基因型 (genotype) 在不同族群間發生交換，導致族群間或族群內的基因變異。(4) 生殖交配系統 (reproduction and mating system)：有性生殖是病原真菌基因重組的主要方式之一，具有性生殖之病原菌族群的遺傳變異相對也較大。(5) 選擇作用 (selection)：由寄主植物抗病基因所造成的選汰壓力 (selection pressure) 是促使病原菌族群演化的主要因素之一。

在植物病原菌的族群遺傳學研究方面，由於過去缺乏適當的實驗設計及應用工具，以致無法清楚闡明病原菌演化親緣關係等相關的問題。對於病原菌族群遺傳結構的分析，首先必須要有可靠且能提供多方訊息的遺傳標誌 (genetic markers) (12,21,23)。近

年來，生物技術的日新月異爲此提供了有利的工具，在分子遺傳標誌的應用方面，核酸限制酵素長度多型性 (Restriction fragment length polymorphism; RFLP) 與聚合酵素連鎖反應 (Polymerase chain reaction, PCR) 爲近年來應用極爲普遍之生物技術 [26]。

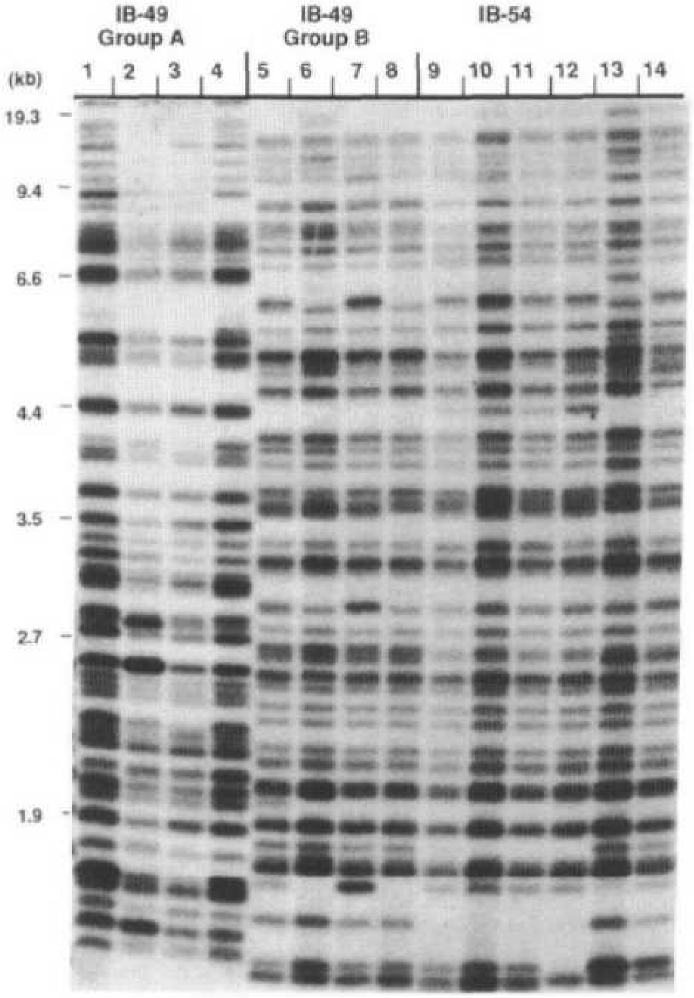
RFLP 的原理是將測試菌染色體 DNA 以特定限制酵素作用後，利用經篩選所得的核酸片段爲偵測探針 (probe)，並以南方轉漬法 (Southern blotting) 技術檢測同源序列存在位置與分佈，最後由此比較分析所獲得之限制片段多型性比較不同菌種或菌系間之歧異性；而若使用的偵測探針可同時雜合基因組上的多個片段，所得之片段圖譜稱爲 DNA 指紋圖譜 (DNA fingerprints)，此圖譜能有效正確地區別無性生殖的個體，並可被用來比較真菌個體基因型的異同。由於不同樣本間之目標基因的序列差異，而導致限制酵素切位改變，故可藉由目標基因的多型性達到鑑別不同族群或物種的目的。

聚合酵素連鎖反應 (PCR) 則是一個在生物體外 (*in vitro*) 大量複製 DNA 的方法，反應原理是在要增幅 DNA 片段兩端設計一對引子 (primer)，使之與已變性的單股目標 DNA 配對 (annealing) 後，利用 DNA 聚合酵素 (DNA polymerase) 以目標 DNA 的兩股分別做爲模板 (template) 來複製合成新的 DNA。目前，藉由 PCR 技術所發展的分子標誌已廣泛地應用在植物病原菌族群遺傳領域的研究 [7,9,26]。

目前研究稻熱病菌族群遺傳的主要分子標誌包括 MGR586、MAGGY、Pot2 及 SSR 等，藉由這些分子標誌所獲得之 DNA 指紋圖譜分析結果，使得稻熱病菌族群遺傳之研究得以迅速進展 [7]。

MGR (*Magnaporthe grisea* repetitive)

MGR 是在稻熱病菌菌株基因組 DNA 中發現的一組具高度多型性之散佈性重複序列 (dispersed repetitive DNA sequences)，其在以水稻爲寄主的稻熱病菌上約有 40-50 個 copies，但由其他寄主所分離的稻熱病菌菌株上的 copy 數較少 [17,18]。Levy 等人 [24] 利用 MGR586 作爲探針，結合 *Eco*RI 對分屬 9 個國際小種的美國田間稻熱病菌菌株進行 RFLPs 分析，獲得基因型專一性的 DNA 指紋圖譜 (MGR-DNA fingerprints) (圖一)。Xia 等人 [33] 亦利用 MGR586 探針對採集自美國 Arkansas 州稻田的 113 個菌株進行 DNA 指紋圖譜分析，結果歸爲 7 個譜系，但各譜系與菌株間的關係比較複雜而非簡單的對應關係。Zeigler 等人 [35] 亦利用 MGR 586 探針對 IRRI 稻熱病圃和 Cavinti 旱田病圃的稻熱病菌族群結構進行分析，共將 234 個菌株區分爲 6 個譜系，而譜系則與致病型間並沒有明顯的相關性。



圖一、不同病原型稻熱病菌菌株之 MGR 指紋圖譜

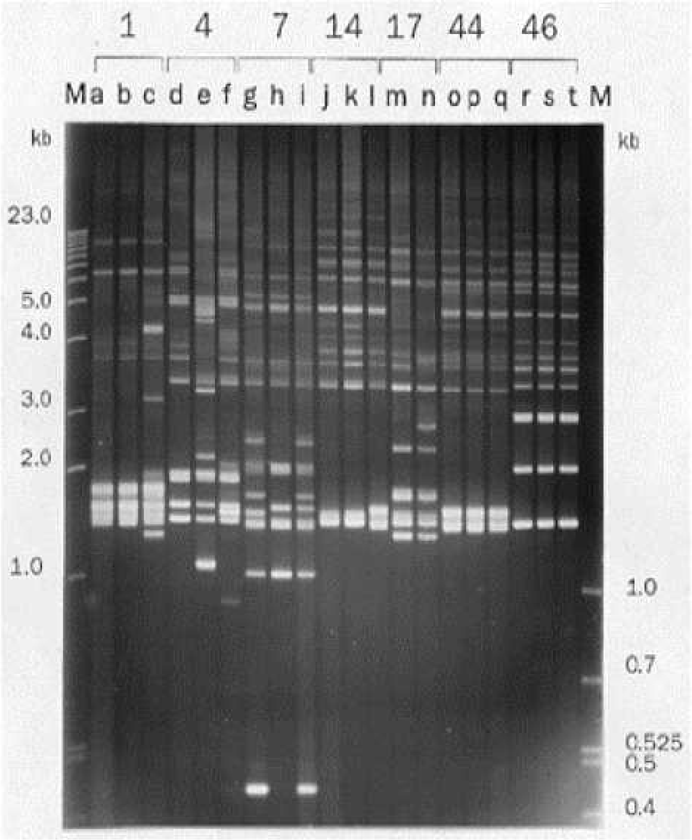
Fig.1. MGR-DNA fingerprints collected from United States field isolates IB-49 and IB-54 of *Maganaporthe grisea*. (Adapted from Levy, et al., 1991)

MAGGY (*Magnaporthe* gypsy-like element)

MAGGY (Magnaporthe gypsy-like element) 是稻熱病菌中的一個大小爲 5.6 kb 的反轉錄轉位子 (retrotransposon)，其中並有一段 253 bp 的 LTR (long terminal repeat) [15]。Don 等人 [14] 分別利用 MAGGY 和 MGR586 作爲探針，對 1993-1997 年間在日本田間收集到的 278 個菌株和 1976 年採自不同品種的 22 個菌株進行 DNA 指紋圖譜分析，結果發現 MAGGY 和 MGR586 作爲探針得到的結果是一致的，顯示 MAGGY 亦可有效應用於稻熱病菌族群結構的分析。

Pot (*Pyricularia oryzae* repeat) 2

Pot2 是由 Kachroo 等人[20]在稻熱病菌中發現的一個轉位子(transposable element)，序列全長 1857 bp，有 43 bp 的末端反向重複序列(terminal inverted repeats, TIRs)，以及在 TIRs 內的 16 bp 直接重複序列(direct repeates)。含有一個大的 open reading frame，編碼類似 transposase。Pot2 在水稻寄主和非水稻寄主所分離的稻熱病菌菌株中皆約有 100 個 copies。Pot2-rep-PCR 技術與 RFLP 指紋圖譜技術相較具有簡便、成本低、穩定性好等優點，適合進行大量樣本研究。George 等人[16]利用稻熱病菌 Pot-rep-PCR 指紋圖譜技術，針對菲律賓及印度的稻熱病菌族群進行分析，結果發現其獲得的遺傳譜系與稻熱病菌的分布區域及致病型具有相關性 (圖二)。另外，收集自伊朗地區 12 個不同水稻品種的 221 株稻熱病菌，利用 Pot2-rep-PCR 指紋圖譜技術分析獲得 5 個譜系，但綜合結果發現伊朗地區稻熱病菌族群的遺傳歧異程度相當低[19]。



圖二、利用 Pot2 指紋分析圖譜獲得稻熱病菌之不同譜系

Fig. 2. *Pot2*-based polymerase chain reaction fingerprint patterns from genomic DNA of rice-infecting *Magnaporthe grisea* isolates from the Philippines. (Adapted from George, et al., 1998)

SSR (simple sequence repeats)

簡單序列重複 (simple sequence repeats, SSR) 又稱爲微衛星 (microsatellite)，是由幾個核苷酸 (1-6 bp, 一般爲 2-5 bp) 爲重覆單位組成的簡單串聯重複序列，其重複次數在物種間、品種間、甚至於個體間具有非常大的變異性，但是此重複的兩端序列一般則是相當保守的單一 copy 序列；藉由此保守序列可以設計引子對，再利用 PCR 技術分析串聯重複次數的變異性。由於 SSR 多樣性豐富，一般呈共顯性 (Codominance) 遺傳，且覆蓋整個基因組的編碼區和非編碼區，非常適合遺傳圖譜的構建，成爲一種新興的分子標誌 (5,8)。

上述這些分子遺傳標誌已被廣泛應用在測試真菌族群間的遺傳歧異性 (genetic diversity)，族群區隔的程度，常距離傳播和基因流動 (gene flow) 之潛力，及有性與無性生殖在真菌族群間的相對重要性等 (19,23,31,32,34)，藉由此方面的研究，將可進一步闡明真菌族群在自然界的變異速度及演化上的親緣關係。

稻熱病菌遺傳譜系與致病性的相關性

目前應用於分析稻熱病菌族群遺傳結構和歧異性研究的方法，大致分爲傳統的以致病性和生理小種分型，以及利用分子標誌建立的 DNA 指紋圖譜分析法。眾多研究結果顯示，稻熱病菌族群具有區域性結構特徵並呈現動態變化，且其變化與生態環境條件、耕作栽培制度及水稻寄主的遺傳背景相關，特別是寄主的選擇作用是影響病原菌族群結構變異的主要因素 (6,7,12,21,23,30)。由於應用分子標誌研究病原菌族群結構是基於病原菌的 DNA 多樣性特點，因此可以克服以致病性分析的缺點，並不受環境和主觀因素影響的特點，能夠忠實呈現實際的病原菌族群結構。

Levy 等人(24)應用 MGR586 對美國南部的稻熱病菌進行 DNA 指紋圖譜分析，獲得 8 個遺傳譜系。分析病原菌譜系與其致病型的關係顯示，兩者具有一對一的關係。他們用同樣的方法分析哥倫比亞的稻瘟病菌，結果發現在 7 個譜系中，包含 50 多個致病型，每一譜系與特定的一種致病型有關。Levy 等人(25) 對分屬於 39 個生理小種的 151 個哥倫比亞菌株進行 DNA 指紋圖譜分析，結果發現生理小種與譜系之間的對應關係較爲複雜。Correa-Victoria 等人(13)的研究結果亦顯示，90%稻熱病菌的致病型是譜系專一的。但其他研究的結果則發現，稻熱病菌的遺傳譜系與其致病性之間並沒有一對一或專一的關係，在同一遺傳譜系中同時存在多種致病型 (10,11,35)。Chen 等人(10)發現，從菌株遺傳譜系能夠準確推測其致病型的機率只有 33%；而從菌株致病型能夠準確推測其遺傳宗譜的機率也只有 65%。Zeigler 等人(35)利用 21 個品種與 234 個菌株 (分別代表 71 個不同的致病型和 6 個遺傳譜系) 配對分析，在 123 對寄主-譜系的配對中，有 43 對(佔

35%)在一個譜系內同時存在親和性與不親和性的菌株。此外，Park 等人[29]對 1984-1999 年間在韓國收集到的的 176 個菌株進行 DNA 指紋圖譜分析，結果發現綜合 MAGGY 和 MGR586 作爲探針得到的結果，並無法歸納出特定明顯的譜系。由於目前稻熱病菌遺傳譜系與其致病性之間的相關性尚未能夠定論，故在實際分析應用中，兩者如能相互結合將更具實用價值[6]。

結　語

針對以往抗稻熱病水稻品種往往在大面積栽培後即失去抗病性的問題，除應更廣泛蒐集並利用抗病種源外，對於稻熱病菌族群遺傳歧異性、生理小種鑑定及發生頻率之掌控等亦是相當重要的課題。應用分子標誌可以有效、準確地分析水稻栽培地區的稻熱病菌族群結構，特別是利用 PCR 技術可以迅速、大量地對病原菌族群進行分析，可以在短時間內獲得田間稻熱病菌族群遺傳變異的相關資訊，同時也更方便闡明病原菌族群的演化歷程及其變異趨勢。未來在利用抗病品種對稻熱病進行防治方面，更需要準確的掌握病原菌族群遺傳結構的變化，藉由對病原菌族群在各地區的組成、分布以及變化動態的瞭解，合理選擇栽培適當的水稻抗病品種，方能更有效的控制稻熱病的發生 [36]。

引用文獻

1. 陳隆澤、陳一心、程永雄。2004。1990 至 2002 年臺灣水稻品種(系)抗稻熱病檢定。中華農業研究 53: 269-283。
2. 簡錦忠。1990。歷年來本省稻熱病發生情形。稻作病蟲害發生預測專輯－稻熱病。台灣省農業試驗所特刊 30: 7-31。
3. 簡錦忠。1990。水稻品種之變遷與稻熱病發生之關係。稻作病蟲害發生預測專輯－稻熱病。台灣省農業試驗所特刊 30: 47-61。
4. 簡錦忠。1990。稻熱病菌生理型之研究。稻作病蟲害發生預測專輯－稻熱病。台灣省農業試驗所特刊 30: 63-74。
5. Adreit, H., Santoso, Andriantsimialona, D., Utami, D. W., Notteghem, J. L., Lebrun, M. H., and Tharreau, D. 2007. Microsatellite markers for population studies of the rice blast fungus, *Magnaporthe grisea.* Mol. Ecol. Notes 7: 667–670
6. Ahn, S. W. 2000. Spatial and temporal stability of genetic resistance to rice blast. Pages 162-171 *in*: Advances in Rice Blast Research. D. Tharreau, et al. (eds) Kluwer Academic

Publishers, Dordrecht, Netherlands.

7. Babujee, L., and Gnanamanickam, S. S. 2000. Molecular tools for characterization of rice blast pathogen (*Magnaporthe grisea*) population and molecular-assisted breeding for disease resistance. Curr. Sci. 78: 248–257.
8. Brondani, C., Brondani, R. P. V., Garrido, L. R., and Ferreira, M. E. 2000. Development of microsatellite markers for the genetic analysis of *Magnaporthe grisea*. Genet. Mol. Biol. 23: 753-762.
9. Chadha, S. and Gopalakrishna, T. 2005. Genetic diversity of Indian isolates of rice blast pathogen (*Magnaporthe grisea*) using molecular markers. Curr. Sci. 88: 1466–1469.
10. Chen, D., Zeigler, R. S., Leung, H., and Nelson, R. J. 1995. Population structure of *Pyricularia grisea* at two screening sites in the Philippines. Phytopathology 85: 1011-1020.
11. Consolo, V. F., Cordo, C. A., and Salerno, G. L. 2008. DNA fingerprint and pathotype diversity of *Pyricularia oryzae* populations from Argentina. Aust. Plant Pathol. 37:357-364.
12. Correll, J. C., Boza, E. J., Seyran, E., Cartwright, R. D., Jia, Y., and Lee, F. N. 2009. Examination of the rice blast pathogen population diversity in Arkansas, USA- stable or unstable? Pages 217-228 *in*: Advances in Genetics, Genomics and Control of Rice Blast Disease. G. L. Wang, and B. Valent (eds.) Springer Science+Business Media, New York.
13. Correa-Victoria, F. L., and Zeiglr, R. S. 1993. Pathogenic variability in *Pyricularia grisea* at a rice blast "Hot Spot" breeding in Eastern Colombia. Plant Dis. 77:1029-1035.
14. Don, L. D., Kusaba, M., Urashima, A. S., Tosa, Y., Nakayashiki, H., and Mayama, S. 1999. Population structure of the rice blast fungus in Japan examined by DNA fingerprinting. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 65: 15-24.
15. Farman, M. L., Tosa, Y., Nitta, N., and Leong, S. A. 1996. MAGGY, a retrotransposon in the genome of the rice blast fungus *Magnaporthe grisea*. Mol. Gen. Genet. 251: 665-674.
16. George, M. L. C., Nelson, R. J., Zeigler, R. S., and Leung, H. 1998. Rapid population analysis of *Magnaporthe grisea* by using rep-PCR and endogenous repetitive DNA sequences. Phytopathology 88: 223-229.
17. Hamer, J. E. 1991. Molecular probes for rice blast disease. Science 252: 632-633.
18. Hamer, J. E., Farrall, L., Orbach, M. J., Valent, B., and Chumley, F. G. 1989. Host

species specific conservation of a family of repeated DNA sequences in the genome of a fungal plant pathogen. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 86: 9981-9985.

19. Javan-Nikkhah, M., McDonald, B. A., Banke, S. and Hedjaroude, G. A.2004. Genetic structure of Iranian *Pyricularia grisea* populations based on rep-PCR fingerprinting. Eur. J. Plant Pathol. 110: 909–919.
20. Kachroo, P., Leong, S. A., and Chattoo, B. B. 1994. Pot-2, an inverted repeat transposon from the rice blast fungus *Magnaporthe grisea*. Mol. Gen. Genet. 245: 339-348.
21. Kang, S., and Lee, Y. H. 2000. Population structure and race variation of the rice blast fungus. Plant Pathol. J. 16:1-8.
22. Koizumi, S. 2009. Blast race monitoring for stable use of blast resistance in rice. Pages 239-246 *in*: Advances in Genetics, Genomics and Control of Rice Blast Disease. G. L. Wang, and B. Valent (eds.) Springer Science+Business Media, New York.
23. Kumar, J. Nelson, R. J., and Zeigler, R. S. 1999. Population structure and dynamics of *Magnaporthe grisea* in the Indian Himalayas. Genetics 152: 971-984.
24. Levy, M., Romao, J., and Marchetti, M. A. 1991. DNA fingerprinting with a dispersed repeated sequence resolves pathotype diversity in the rice blast fungus. Plant Cell 3: 95-102.
25. Levy, M., Correa-Victoria, F. J., Zeigler, R. S., Xu, S., and Hamer, J. E. 1993. Genetic diversity of the rice blast fungus in a disease nursery in Colombia. Phytopathology 81: 1427-1433.
26. McDonald, B. A. 1997. The population genetics of fungi: Tools and techniques. Phytopathology 87: 448–453.
27. McDonald, B. A., and Linde, C. 2002. Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. Annu. Rev. Phytopathol. 40: 349-379.
28. Ou, S. H. 1980. Pathogen variability and host resistance in rice blast disease. Annu. Rev. Phytopathol. 18:167-187.
29. Park, S.-Y., Milgroom, M. G., Han, S.-S., Kang, S. and Lee, Y.-H. 2003. Diversity of pathotypes and DNA fingerprint haplotypes in populations of *Magnaporthe grisea* in Korea over two decades. Phytopathology 93: 1378–1385.
30. Rathour, R., Singh, B. M., Sharma, T. R. and Chauhan, R. S. 2004. Population structure of *Magnaporthe grisea* from northwestern Himalayas and its implications for blast resistance breeding of rice. J. Phytopathol. 152: 304–312.
31. Roumen, E., Levy, M. and Nottegham, J. L. 1997. Characterization of the European

pathogen population of *Magnaporthe grisea* by DNA fingerprinting and pathotype analysis. Eur. J. Plant Pathol. 103: 363–371.

32. Tharreau, D., Fudal, I., Andriantsimialona, D., Santoso, Utami, D., Fournier, E., Lebrun, M. H., and Notteghem, J. L. 2009. World population straucture and migration of the rice blast fungus, *Magnaporthe oryzae*. Pages 209-215 *in*: Advances in Genetics, Genomics and Control of Rice Blast Disease. G. L. Wang, and B. Valent (eds.) Springer Science+Business Media, New York.
33. Xia, J. Q., Correll, J. C., Lee, F. N., Marchetti, M. A., and Rhoads, D. D. 1993. DNA fingerprinting to examine microgeographic variation in the *Magnaporthe grisea* (*Pyricularia grisea*) population in two rice fields in Arkansas. Phytopathology 83: 1029-1035.
34. Zeigler, R. S. 1998. Recombination in *Magnaporthe grisea*. Annu. Rev. Phytopathol. 36:249-275.
35. Zeigler, R. S., Cuoc., L. X, Scott, R. P., Bernardo, M. A., Chen, D. H., Valent, B., and Nelson, R. J. 1995. The relationship between lineage and virulence in *Pyricularia grisea* in the Philippines. Phytopathology 85: 443 - 451.
36. Zhu, Y., Chen, H., Fan, J., Wang, Y., Li, Y., Chen, J., Fan, J. X., Yang, S., Hu, L., Leung, H., Mew, T. W., Teng, P. S., Wang, Z., and Mundt, C. C. 2000. Genetic diversity and disease control in rice. Nature 406: 718-722.

Abstract

R. S. Chen. 2009. Applications and Perspectives of molecular markers on the population genetics of *Magnaporthe oryzae*. pp.149-160. *In*: Proceedings of Symposium on Achievements and Perspectives of Rice Protection in Taiwan. 160 pp. (Department of Biochemical Science and Technology, National Chiayi University, Chiayi 60004, Taiwan, ROC.)

Rice blast is one of the most devastating diseases of cultivated rice worldwide. Rice blast fungus *Magnaporthe oryzae* could evolve many physiological races in nature as a result of coevolution with rice hosts. Since rice cultivars were usually bred based on vertical resistance, so serious epidemic of rice blast often occurred due to newly evolved races after new breeding cultivars were cultivated. During past two decades, molecular markers, including MGR586, MAGGY, Pot2, and SSR, were developed and used to analyzed genetic structure of *Magnaporthe oryzae* population in nature. The present paper will review the progress on the application of molecular markers and discuss the prospects of strategies for management of rice blast disease.

(Keywords: rice blast; *Magnaporthe oryzae*, molecular marker, population genetics)

台灣水稻保護成果及新展望研討會工作人員名單

召集人：蔡武雄

秘書組：楊宏仁、倪蕙芳、林鳳玲、賴素玉

報到組：倪蕙芳、林鳳玲、賴素玉、許淑麗、柯文琪、陳幸葵、曾宜婷

議程組：王麗媛、莊明富、王慧燕、柯文琪、王晉鍾、蔡瑞祺

總務組：房金翊、施玉琴、駱清令、陳錦玉

接待組：何坤耀、洪士程、黃守宏、楊宏仁、李奎增、張釗明、趙聖麗

學術組：倪蕙芳、楊宏仁

台灣水稻保護成果及新展望研討會專刊/ 倪蕙芳,
楊宏仁主編. -- 台中縣霧峰鄉：農委會農試所, 民 98. 07
面：26 x 19 公分. -- (行政院農業委員會農業
試驗所特刊；138 號）
ISBN：978-986-01-9156-1 (平裝)
1. 稻米 2. 植物病蟲害 3. 植物保護 4. 文集
434. 11107 **98011833**

台灣水稻保護成果及新展望研討會專刊

主編：倪蕙芳 楊宏仁
出版機關：行政院農業委員會農業試驗所、行政院農委會動植物防疫檢疫局、中華植物保護學會、中華民國植物病理學會
出版機關地址與網址：台中縣霧峰鄉中正路 189 號
http://www.tari.gov.tw
出版年月：中華民國 98 年 7 月
定價: 180 元
展售處
五南文化廣場，台中市中山路 6 號，電話：04-22260330
國家書店松江門市，104 台北市松江路 209 號 1 樓，電話：02-2518-0207(代表號)
國家網路書店：http://www.govbooks.com.tw

GPN：1009801720 ISBN：978-986-01-9156-1

統 一 編 號
1009801720

ISBN 986019156-5
9789860191561

GPN：1009801720
定價：NT180元